

6278  
KAD  
e e



# **KAJIAN EFISIENSI OPERASIONAL DAM LEPAS PANTAI DI PERAIRAN SEMARANG**

## **TESIS**

**Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Program Magister Teknik Sipil**

**Oleh :  
Abdul Kadir  
NIM : L4A 099 002**

**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**Januari 2002**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**KAJIAN EFISIENSI OPERASIONAL DAM LEPAS PANTAI  
DI PERAIRAN SEMARANG**

**TESIS**

Disusun oleh :


**Abdul Kadir**

NIM : L4A 099 002

**Tesis ini diterima sebagai persyaratan  
Ujian Akhir Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro**

Semarang, Desember 2001

**Pembimbing I**



**DR. IR. Suripin, M. Eng.**

**Pembimbing II**



**Ir. Suharyanto, Msc.**

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN EFISIENSI OPERASIONAL DAM LEPAS PANTAI  
DI PERAIRAN SEMARANG**

Diajukan oleh :

**Abdul Kadir**

NIM : L4A 099 002

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :

4 Januari 2002

Tesis ini diterima sebagai suatu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro

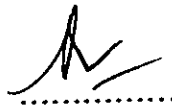
Semarang, Januari 2002

Tim Penguji :

Universitas Diponegoro  
Program Pascasarjana  
Magister Teknik Sipil

Ketua :

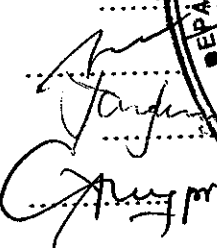
DR. IR. Suripin, M. Eng.

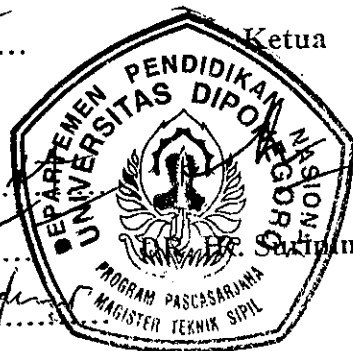


Ketua

Anggota :

1. Ir. Suharyanto, Msc.
2. Ir. Sugiyanto, M.Eng.
3. Ir. Sri Sangkawati, MS.
4. Ir. Sumbogo Pranoto, MS.





DR. IR. Suripin, M.Eng.

## ABSTRAK

Kota Semarang sebagai ibukota Propinsi Jawa Tengah mempunyai topografi yang unik, yaitu terbagi menjadi dua bagian daerah :

- Daerah perbukitan yang terletak di bagian Selatan.
- Daerah pantai/dataran rendah terletak di bagian Utara.

Sehingga keadaan di atas, membuat problem banjir khususnya di daerah dataran rendah. Banjir tersebut bertambah parah, jika terjadi bersamaan dengan banjir air laut pasang.

Gagasan Dam Lepas Pantai yang direncanakan membentang antara perbatasan Kota Semarang dengan Kabupaten Demak sampai Kabupaten Kendal dengan panjang keseluruhan 18 Km, diharapkan dapat mengatasi banjir air laut pasang, yaitu dengan cara menurunkan elevasi muka air danau sampai 1,35 m dibawah air laut pasang tertinggi (*HHWL*), atau pada elevasi - 0,90 M TTG (Titik Tinggi Geodesi). Yang dimaksud danau dalam studi ini adalah kolam air yang terbentuk antara Dam Lepas Pantai dengan garis pantai. Fluktuasi air laut mempunyai elevasi + 0,45 M (*HHWL*), + 0,25 M (*HWL*), - 0,23 M (*MSL*), - 0,70 M (*LWL*) dan - 0,90 M (*LLWL*) TTG.

Dalam studi ini dilakukan kajian tentang operasi pompa-pompa yang diperlukan untuk mempertahankan elevasi muka air di dalam danau pada - 0,90 M TTG pada kondisi banjir 1 tahun dan banjir 25 tahunan. Dari studi ini, diketahui bahwa untuk banjir dengan periode ulang 25 tahun, dibutuhkan 125 buah pompa dengan kapasitas masing-masing 5 m<sup>3</sup>/detik agar muka air danau tetap pada elevasi - 0,90 M TTG. Untuk banjir periode ulang 1 tahun dibutuhkan 44 buah pompa dengan kapasitas masing-masing 5 m<sup>3</sup>/detik agar supaya muka air danau tetap pada elevasi - 0,90 M TTG.

Besarnya biaya operasi dan pemeliharaan per tahun (Rp.7.868.307.370,-) untuk banjir dengan periode ulang 1 tahun lebih kecil dari keuntungan yang diperoleh (Rp. 9.870.000.000,-). Sedangkan biaya operasi dan pemeliharaan per tahun untuk banjir dengan periode ulang 25 tahun adalah Rp. 17.517.111.120,-, sedangkan keuntungan yang diperoleh Rp. 15.671.073.196,-. Analisa awal ini mengidentisasikan bahwa pengoperasian Dam Lepas Pantai hanya efisien dalam menangani banjir-banjir kecil (misal 1 tahun sampai 2,5 tahun). Sedang pada banjir-banjir besar, pengoperasian Dam Lepas Pantai tidak efisien.

## ABSTRACT

The city of Semarang as a capital at the Province of Central Java has two general land features, the Northern part is characterized with coastal plain and the Southern part of the city is hilly area. The aboved condition facilitates the problem of flooding in the coastal plain area. The flood becomes even more serious when the tidal flood is also occuring.

The idea of an Offshore Dam stretching from the boundaries of Semarang City and Demak to Kendal, with the total length of about 18 Km is to prevent tidal waves from entering the coastal plain area such that the area is free from the tidal flood. The tidal level variation are, + 0,45 M (HHWL), + 0,25 M (HWL), -0,23 M (MS), -0,70 M (LWL), and - 0,90 M (LLWL), refer to TTG system.

The concept of the Offshore Dam is to lower the water level in the pool down to 1,35 M below Highest High Water Level (HHWL) so that the tidal flood can be prevented. Additionally the local flood from the hilly area and the rivers will be drained easily to the pool, because of sufficient water level difference.

From the study it was found that, it requires 125 pumps of 5 m<sup>3</sup>/s capacity each for accomodating the flood with 25 years return period to lower the water level in the pool down to elevation of - 0,90 M TTG. While, for accomodating the flood of 1 year return period, 44 pumps of 5 m<sup>3</sup>/s capacity each, are required to reach the aboved condition.

The annual operation and maintenance cost for accomodating the flood of 1 year return period (Rp.7.868.307.370,-), is lower than the value of flood damage (Rp. 9.870.000.000,-). The annual operation and maintenance cost for accomodating the flood of 25 years return period is Rp. 17.517.111.120,-, while the value of the flood damage is Rp. 15.671.073.196,-. From this preliminary study it shows that the operation of the Offshore Dam is efficient only for small floods (with 1 year to 2,5 year return period), while for bigger floods, the operation of the Offshore Dam is not efficient.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Kuasa, karena dengan rahmatNya, maka Tesis dengan judul “Kajian Efisiensi Operasional Dam Lepas Pantai di Perairan Semarang”, dapat kami selesaikan dengan baik.

Dari hasil Tesis ini, kami harapkan dapat memberikan sumbang saran kepada Pemerintah, dan juga untuk pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam rangka penanggulangan banjir air laut pasang di Kota Semarang.

Atas segala bantuan yang diberikan selama penyusunan Tesis ini, kami menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. Suripin, M.Eng, selaku Pembimbing I.
2. Bapak Ir. Suharyanto, MSc, selaku Pembimbing II.
3. Bapak Ir. Sugiyanto, M.Eng, selaku Pembahas.
4. Ibu Ir. Sri Sangkawati, MS, selaku Pembahas.
5. Bapak Ir. Sumbogo Pranoto, MS, selaku Pembahas.
6. Bapak Prof. Ir. R. Soediro (Almarhum).
7. Bapak Prof. Ir. Joetata Hadihardaja.
8. Bapak Rektor Universitas Diponegoro.
9. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
10. Bapak Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
11. Bapak Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
12. Bapak-bapak dosen dan staff karyawan Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.
13. Bapak Kepala Perumpel III Cabang Tanjung Emas Semarang.
14. Bapak Kepala Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang beserta staff.
15. Konsultan PT. Indah Karya Cabang Semarang.
12. Masyarakat, khususnya di daerah genangan banjir air laut pasang.

Hanya Allah Subhana wa ta'ala yang akan memberi balasan kepada Bapak/Ibu atas bimbingan yang diberikan kepada kami.

Semarang, Januari 2002

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN SINGKATAN.....	xvi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan Daerah.....	3
1.2.1. Banjir Rob.....	3
1.2.2. Penurunan Muka Tanah.....	3
1.2.3. Tata Guna Lahan.....	5
1.2.4. Kualitas Air.....	7
1.3. Perumusan Masalah.....	7
1.4. Tujuan Penelitian.....	7
1.4.1. Tujuan.....	7
1.4.2. Sasaran Penelitian.....	8
1.5. Manfaat Hasil Penelitian.....	8
1.6. Deskripsi Dam Lepas Pantai.....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Pendahuluan.....	9
2.2. Penyebab Banjir.....	9
2.2.1. Perubahan Fungsi Lahan Dan Tata Guna Tanah.....	9
2.2.2. Kondisi Sungai Dan Drainase.....	10
2.2.3. Sedimentasi.....	10
2.2.4. Pasang Surut.....	10

2.2.5. Keterbatasan Dana Operasi Dan Pemeliharaan.....	11
2.2.6. Perilaku / Sikap Masyarakat .....	11
2.2.7. Penurunan Muka Tanah .....	11
2.3. Penanggulangan Banjir dan Peminimuman Kerugian Banjir.....	12
2.3.1. Penataan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) .....	12
2.3.2. Normalisasi Sungai.....	13
2.3.3. Bangunan Pengendali Banjir.....	13
2.3.4. Drainase Kota.....	13
2.3.5. Memperkecil Kerugian Banjir.....	14
2.4. Penanggulangan Banjir Di Daerah Rendah.....	14
2.4.1. Peninggian Tanah ( <i>Land Filling</i> ) .....	14
2.4.2. Polder .....	15
2.4.3. Dam Lepas Pantai.....	15
2.4.4. Saluran Drainase dan Sistem Pompa .....	15
2.5. Konsep Dam Lepas Pantai.....	16
2.6. Aspek Hidrologi.....	16
2.6.1. Banjir Rencana .....	16
2.6.2. Curah Hujan Rencana. ....	17
2.6.2.1. Distribusi Probabilitas Hujan.....	17
2.6.2.2. Uji Keselarasan Distribusi Data.....	19
2.6.2.3. Distribusi Jam-jaman Hujan Rencana.....	19
2.6.3. Hujan Efektif.....	20
2.6.4. Hidrograf Satuan Sintetik Snyder – Alexejev.....	21
2.6.5. Hidrograf Banjir Rencana .....	23
2.7. Aspek Hidraulik.....	24
2.7.1. Penentuan Tinggi Muka Air Di Danau.....	24
2.7.2. Pompa .....	24
2.7.3. Flood Routing .....	25
2.7.4. Pengaruh Terhadap Morfologi Sungai .....	26
2.8. Aspek Operasi dan Pemeliharaan .....	26



### **BAB III. METODOLOGI**

3.1. Pendekatan Penanggulangan Banjir Di Dataran Rendah .....	28
3.2. Teknik Pengumpulan Data .....	28
3.2.1. Data Primer .....	28
3.2.2. Data Sekunder .....	29
3.3. Metodologi Analisa Dan Pengolahan Data .....	29
3.3.1. Analisa Data .....	29
3.3.1.1. Data Sungai .....	29
3.3.1.2. Data Hidrologi .....	30
3.3.1.3. Data Pasang Surut .....	30
3.3.1.4. Data Topografi .....	31
3.3.1.5. Data Tata Guna Lahan .....	31
3.3.1.6. Data Daerah Banjir .....	31
3.3.2. Pengolahan Data .....	32
3.3.2.1. Luas Muka Air Dan Volume Danau .....	32
3.3.2.2. Volume Danau Dan Kapasitas Pompa .....	33
3.3.2.3. Kapasitas Pompa .....	34
3.4. Hubungan Jumlah Pomp, O & P Pompa, $\Delta H$ , Keuntungan, Dan Prosentase Area Bebas Rob .....	35
3.5. Batasan Studi .....	35
3.6. Bagan Alir .....	36

### **BAB IV KAJIAN EFISIENSI OPERASIONAL DAM LEPAS PANTAI DI PERAIRAN SEMARANG**

4.1. Umum .....	39
4.2. Analisa Hidrologi .....	39
4.2.1. Data Curah Hujan .....	39
4.2.2. Curah Hujan Rencana .....	40
4.2.3. Uji Keselarasan Distribusi Data Curah Hujan .....	42
4.2.4. Hidrograf Satuan Sintetik Snyder .....	44
4.2.5. Perhitungan Hujan Efektif .....	52
4.2.6. Perhitungan Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> ) .....	54

4.2.7. Perhitungan Hidrograf Banjir .....	55
4.2.8. Perhitungan Banjir Kumulatif.....	67
4.3. Analisa Pasang Surut.....	72
4.4. Analisa Topografi.....	73
4.4.1. Analisa Peta Topografi.....	73
4.4.2. Analisa Peta Bathimetri.....	73
4.5. Analisa Volume Danau.....	75
4.6. Analisa Pompa.....	76
4.7. <i>Flood Routing</i> .....	78
4.7.1. Rumus <i>Flood Routing</i> .....	78
4.7.2. Perhitungan <i>Flood Routing</i> .....	78
4.8. Hubungan Antara Volume Danau, Luas Muka Air Dan Elevasi.....	79
4.9. Menentukan Kapasitas Pompa .....	82
4.10. Operasi Dan Pemeliharaan Pompa .....	84
4.11. Analisa Keuntungan.....	87
4.12. Daerah Genangan Banjir Air Laut Pasang.....	88
4.13. Hubungan Antara Jumlah Pompa, Ketinggian, O & P Pompa Dan Keuntungan.....	89
4.14. Efisiensi Dam Lepas Pantai .....	92
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	 93
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>94</b>
<b>LAMPIRAN :</b>	
A. Peta Wilayah Pengembangan Kota Semarang .....	95
B. Peta Penggunaan Lahan .....	96
C. Denah Dam Lepas Pantai .....	97
D. Potongan Dam Lepas Pantai.....	98
E. Mekanisme Penurunan Muka Tanah Di Semarang .....	99
F. Peta Sungai.....	100
G. Perhitungan Log Pearson III .....	101
H. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder .....	109

I. Perhitungan Ordinat Hidrograf Satuan .....	110
J. Perhitungan Ordinat Hidrograf Banjir T = 25 Tahun .....	122
K. Perhitungan Ordinat Hidrograf Banjir T = 1 Tahun .....	156
L. Keadaan Pasang Surut Pelabuhan Tanjung Emas .....	190
M. Peta Topografi Kota Semarang .....	191
N. Peta Bathimetri Pelabuhan Tanjung Emas Semarang .....	201
O. Grafik Hubungan Elevasi VS Volume Danau dan Elevasi VS Luas Muka Air.....	202
P. Grafik Hubungan Elevasi VS Volume Danau dan Luas Muka Air.....	203
Q. Perhitungan Flood Routing T = 25 Tahun .....	204
R. Perhitungan Flood Routing T = 1 Tahun .....	234
S. Peta Genangan Banjir Air Laut .....	264
T. Peta Genangan Banjir .....	265

## DAFTAR TABEL

TABEL 1.1.	PENGAMBILAN AIR TANAH MELALUI SUMUR DALAM PERIODE 1900-1998.....	4
TABEL 1.2.	PENURUNAN MUKA TANAH.....	4
TABEL 1.3.	RENCANA TATA GUNA TANAH KOTA SEMARANG SAMPAI TAHUN 2000 .....	6
TABEL 1.4.	PERBANDINGAN TATA GUNA LAHAN TAHUN 1987 DAN TAHUN 1992 .....	6
TABEL 2.1.	KRITERIA METODE NORMAL, GUMBEL DAN LOG PEARSON III.....	18
TABEL 2.2.	DISTRIBUSI INTENSITAS HUJAN TIAP JAM.....	20
TABEL 2.3.	PERHITUNGAN HIDROGRAF BANJIR.....	23
TABEL 2.4.	PERHITUNGAN FLOOD ROUTING .....	26
TABEL 3.1.	NAMA SUNGAI DAN LUAS DPS NYA.....	30
TABEL 3.2.	FLUKTUASI PASANG SURUT AIR LAUT.....	31
TABEL 3.3.	PERHITUNGAN VOLUME DANAU .....	32
TABEL 4.1.	DATA CURAH HUJAN MENITAN (PENAKAR HUJAN OTOMATIS).....	40
TABEL 4.2.	KRITERIA METODE NORMAL, GUMBEL DAN LOG PEARSON III.....	40
TABEL 4.3.	PERHITUNGAN $\bar{X}$ , $S_x$ , DAN $g$ .....	41
TABEL 4.4.	RANGKING CURAH HUJAN 1 HARI.....	43
TABEL 4.5.	PERHITUNGAN CHI KUADRAT .....	44
TABEL 4.6.	REKAPITULASI CURAH HUJAN MAKSIMUM METODE LOG PEARSON III.....	44
TABEL 4.7.	PERHITUNGAN HUJAN EFEKTIF $T = 25$ TAHUN.....	53
TABEL 4.8.	PERHITUNGAN HUJAN EFEKTIF $T = 1$ TAHUN.....	54
TABEL 4.9.	PERHITUNGAN ALIRAN DASAR.....	55
TABEL 4.10.	PERHITUNGAN ORDINAT BANJIR KUMULATIF $T = 25$ TAHUN .....	68

TABEL 4.11.	PERHITUNGAN ORDINAT BANJIR KUMULATIF T = 1 TAHUN .....	70
TABEL 4.12.	PASANG SURUT DI PELABUHAN TANJUNG EMAS .....	72
TABEL 4.13.	FLUKTUASI PASANG SURUT AIR LAUT.....	72
TABEL 4.14.	PERHITUNGAN PROSENTASE LUAS DAERAH YANG TIDAK TERKENA BANJIR AIR LAUT PASANG .....	74
TABEL 4.15.	PERHITUNGAN VOLUME DANAU .....	75
TABEL 4.16.	HUBUNGAN ELEVASI VS VOLUME DANAU.....	76
TABEL 4.17.	VOLUME MAKSIMUM TAMPUNGAN DANAU T = 25 TAHUN .....	80
TABEL 4.18.	VOLUME MAKSIMUM TAMPUNGAN DANAU T = 1 TAHUN .....	81
TABEL 4.19.	HUBUNGAN ELEVASI VS VOLUME DANAU.....	83
TABEL 4.20.	HUBUNGAN VOLUME DANAU VS JUMLAH POMPA T = 25 TAHUN .....	83
TABEL 4.21.	HUBUNGAN VOLUME DANAU VS JUMLAH POMPA T = 1 TAHUN .....	84
TABEL 4.22.	DATA INFLASI .....	85
TABEL 4.23.	PERHITUNGAN INFLASI .....	85
TABEL 4.24.	PERHITUNGAN BIAYA POMPA, RUMAH POMPA DAN O & P POMPA PERIODE ULANG 25 TAHUN.....	86
TABEL 4.25.	PERHITUNGAN BIAYA POMPA, RUMAH POMPA DAN O & P POMPA PERIODE ULANG 1 TAHUN.....	86
TABEL 4.26.	PERINCIAN BESARNYA KERUGIAN AKIBAT BANJIR..	87
TABEL 4.27.a.	PERHITUNGAN BESARNYA KEUNTUNGAN T = 1 TH ..	87
TABEL 4.27.b.	PERHITUNGAN BESARNYA KEUNTUNGAN T = 25 TH	88
TABEL 4.28.	DAERAH GENANGAN BANJIR AIR LAUT PASANG .....	89

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1.1.	BATAS ADMINISTRASI.....	1
GAMBAR 2.1.	KONSEP DAM LEPAS PANTAI.....	16
GAMBAR 2.2.	BENTUK HIDROGRAF SATUAN SINTETIK SNYDER-ALEXEJEV .....	21
GAMBAR 3.1.	HUBUNGAN LUAS MUKA AIR, VOLUME DANAU VS ELEVASI.....	33
GAMBAR 3.2.	HUBUNGAN VOLUME DANAU DENGAN KAPASITAS POMPA.....	34
GAMBAR 3.3.	HUBUNGAN JUMLAH POMPA, O&P POMPA, $\Delta H$ , KEUNTUNGAN DAN % AREA BEBAS ROB.....	35
GAMBAR 3.4.	BAGAN ALIR KAJIAN EFISIENSI OPERASIONAL DAM LEPAS PANTAI DI PERAIRAN SEMARANG...:	37
GAMBAR 4.1.	HIDROGRAF SATUAN S. ASIN.....	46
GAMBAR 4.2.	HIDROGRAF SATUAN S. KALIGARANG .....	46
GAMBAR 4.3.	HIDROGRAF SATUAN S. SILANDAK .....	46
GAMBAR 4.4.	HIDROGRAF SATUAN S. SRINGIN.....	47
GAMBAR 4.5.	HIDROGRAF SATUAN S. TENGGANG.....	47
GAMBAR 4.6.	HIDROGRAF SATUAN S. BABON.....	47
GAMBAR 4.7.	HIDROGRAF SATUAN S. TUGUREJO .....	48
GAMBAR 4.8.	HIDROGRAF SATUAN S. TAPAK.....	48
GAMBAR 4.9.	HIDROGRAF SATUAN S. BOOM KARANGANYAR..	48
GAMBAR 4.10.	HIDROGRAF SATUAN S. RANDUGARUT .....	49
GAMBAR 4.11.	HIDROGRAF SATUAN S. MANGKANG WETAN.....	49
GAMBAR 4.12.	HIDROGRAF SATUAN S. MANGKANG KULON .....	49
GAMBAR 4.13.	HIDROGRAF SATUAN S. BANJIR KANAL TIMUR..:	50
GAMBAR 4.14.	HIDROGRAF SATUAN S. SEMARANG .....	50
GAMBAR 4.15.	HIDROGRAF SATUAN S. BANGER .....	50
GAMBAR 4.16.	HIDROGRAF SATUAN S. BERINGIN.....	51

GAMBAR 4.18.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. ASIN .....	56
GAMBAR 4.19.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. KALIGARANG .....	56
GAMBAR 4.20.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. SILANDAK .....	56
GAMBAR 4.21.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. SRINGIN .....	57
GAMBAR 4.22.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. TENGGANG .....	57
GAMBAR 4.23.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BABON .....	57
GAMBAR 4.24.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. TUGUREJO .....	58
GAMBAR 4.25.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. TAPAK .....	58
GAMBAR 4.26.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BOOM KARANGANYAR .....	58
GAMBAR 4.27.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. RANDUGARUT .....	59
GAMBAR 4.28.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. MANGKANG WETAN .....	59
GAMBAR 4.29.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. MANGKANG KULON .....	59
GAMBAR 4.30.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BANJIR KANAL TIMUR .....	60
GAMBAR 4.31.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. SEMARANG .....	60
GAMBAR 4.32.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BANGER .....	60
GAMBAR 4.33.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BERINGIN .....	61
GAMBAR 4.34.	HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. SILANDAK FLOOD WAY .....	61
GAMBAR 4.35.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. ASIN .....	62
GAMBAR 4.36.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. KALIGARANG .....	62
GAMBAR 4.37.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. SILANDAK .....	62
GAMBAR 4.38.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. BERINGIN .....	63
GAMBAR 4.39.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. TENGGANG .....	63
GAMBAR 4.40.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. BABON .....	63
GAMBAR 4.41.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. TUGUREJO .....	64
GAMBAR 4.42.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. TAPAK .....	64
GAMBAR 4.43.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. BOOM KARANGANYAR .....	64

GAMBAR 4.44.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. RANDUGARUT .	65
GAMBAR 4.45.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. MANGKANG WETAN .....	65
GAMBAR 4.46.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. MANGKANG KULON.....	65
GAMBAR 4.47.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. BANJIR KANAL TIMUR.....	66
GAMBAR 4.48.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. SEMARANG .....	66
GAMBAR 4.49.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. BANGER.....	66
GAMBAR 4.50.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. BERINGIN .....	67
GAMBAR 4.51.	HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. SILANDAK FLOOD WAY .....	67
GAMBAR 4.52.	POMPA.....	77
GAMBAR 4.53.	GRAFIK HUBUNGAN Q POMPA VS VOLUME DANAU T = 25 TAHUN.....	81
GAMBAR 4.54.	GRAFIK HUBUNGAN Q POMPA VS VOLUME DANAU T = 1 TAHUN.....	82
GAMBAR 4.55.	GRAFIK HUBUNGAN ANTARA JUMLAH POMPA, $\Delta H$ , O & P DAN KEUNTUNGAN T = 25 TAHUN .....	90
GAMBAR 4.56.	GRAFIK HUBUNGAN ANTARA JUMLAH POMPA, $\Delta H$ , O & P DAN KEUNTUNGAN T = 1 TAHUN .....	91



## DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN SINGKATAN

### Lambang Dan Notasi

$A$	$[L^2]$	Luas daerah pengaliran sungai
$BF$	$[L^3 / T]$	Aliran dasar sungai ( <i>Base Flow</i> )
$Ct$	$[-]$	Koefisien Snyder untuk menghitung $tp$
$Cp$	$[-]$	Koefisien Snyder untuk menghitung $Qp$
$D$	$[L/L^2]$	Kerapatan jaringan sungai
$DP$	$[-]$	Daya pompa
$e$	$[-]$	Bilangan alam ( $= 2,718$ )
$fc$	$[L]$	Harga akhir infiltrasi
$Fo$	$[L]$	Kapasitas infiltrasi yang tergantung pada hujan sebelumnya
$fp$	$[L]$	Kapasitas infiltrasi pada waktu tertentu
$g$	$[L / T^2]$	Gaya gravitasi
$h$	$[L]$	Tinggi hujan
$Hp$	$[L]$	Total Head
$K$	$[-]$	Faktor Frekwensi Gumbel
$L$	$[L]$	Panjang sungai
$Lc$	$[L]$	Jarak antara centeroid dengan mulut aliran
$n$	$[-]$	Banyaknya sample
$P$	$[L]$	Hujan efektif
$Q$	$[L^3 / T]$	Debit banjir
$Q$	$[L^3 / T]$	Debit Pompa
$Q_i$	$[L^3 / T]$	Debit masuk
$Q_o$	$[L^3 / T]$	Debit keluar
$Qp$	$[L^3 / T]$	Debit puncak hidrograf satuan
$Sn$	$[-]$	Reduced Standard Deviation
$S_{ii}$	$[L^3]$	Debit masuk
$S_{io}$	$[L^3]$	Debit keluar
$Sx$	$[-]$	Standard Deviasi
$Tp$	$[T]$	Waktu yang diperlukan antara permukaan hujan hingga mencapai puncak hidrograf
$tp$	$[T]$	Waktu antara titik berat curah hujan hingga mencapai puncak hidrograf
$U$	$[L^3 / T]$	Ordinat hidrograf satuan
$X_i$	$[L]$	Curah hujan pada sampel nomer $i$
$X_r$	$[L]$	Curah hujan rata-rata
$X_T$	$[L]$	Curah hujan maksimum dengan periode ulang $T$
$Yn$	$[-]$	Reduced Mean
$Yt$	$[-]$	Reduced Variabel

$\gamma$	$[M / L^3]$	Berat spesifik air
$\eta$	$[-]$	Effisiensi pompa
$\Delta S$	$[L^3]$	Tampungan kumulatif
$\Delta t$	$[T]$	Beda waktu
$\Delta H$	$[L]$	Beda tinggi

### Singkatan

<b>DPS</b>	Daerah Pengaliran Sungai
<i>HHWL</i>	<i>Highest High Water Level</i>
<i>HWL</i>	<i>High Water Level</i>
<i>KUM</i>	Kumulatif
<i>LLWL</i>	<i>Lowest Low Water Level</i>
<i>LWL</i>	<i>Low Water Level</i>
<i>MSL</i>	<i>Mean Sea Level</i>
<i>O &amp; P</i>	Operasi dan Pemeliharaan
<i>Vol</i>	Volume

## BAB I PENDAHULUAN

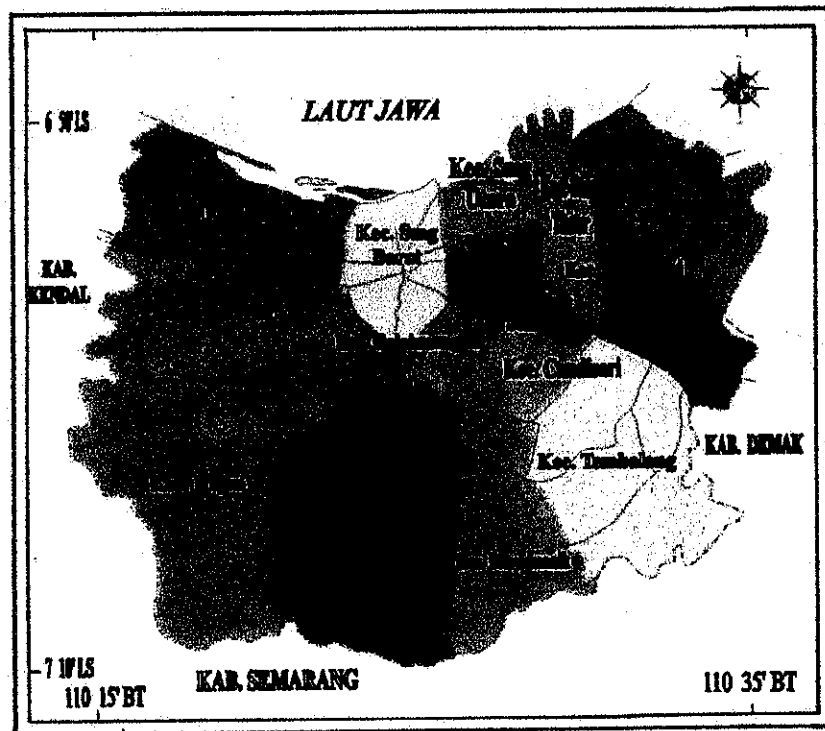
### 1.1. LATAR BELAKANG

Kota Semarang, ibukota Propinsi Jawa Tengah, secara geografis terletak pada  $6^{\circ} 50' - 7^{\circ} 10' \text{ LS}$  (Lintang Selatan) dan  $109^{\circ} 50' - 110^{\circ} 35' \text{ BT}$  (Bujur Timur).

Secara administratif kota Semarang dibatasi oleh :

- Sebelah Selatan oleh Kabupaten Semarang.
- Sebelah Barat oleh Kabupaten Kendal.
- Sebelah Timur oleh Kabupaten Demak.
- Sebelah Utara oleh Laut Jawa.

Batas administratif di atas, dapat dilihat pada Gambar 1.1.



GAMBAR 1.1. BATAS ADMINISTRASI

Ditinjau dari segi topografinya, kota Semarang mempunyai topografi yang lain dari kota yang lain, yaitu terbagi menjadi dua bagian daerah yaitu :

- Daerah perbukitan, yang dikenal sebagai Semarang Atas, terletak dibagian Selatan.
- Daerah pantai/dataran rendah, yang dikenal sebagai Semarang Bawah, yang terletak di bagian Utara.

Kota Semarang sebagai ibukota Propinsi mengalami perkembangan yang sangat pesat di segala bidang baik dalam pembangunan gedung-gedung baru seperti pusat perbelanjaan dan kawasan pemukiman maupun kawasan industri yang banyak menempati pada daerah pantai dan dataran rendah.

Perkembangan permukiman ke arah perbukitan telah merubah tata guna lahan daerah perbukitan (daerah resapan air) menjadi daerah permukiman. Oleh karena itu, sebagai dampak dari perkembangan tadi, timbul masalah banjir kiriman yang sangat mengganggu kehidupan masyarakat terutama di daerah lokasi banjir yaitu daerah Semarang Bawah.

Genangan banjir tersebut bertambah parah, jika terjadi hujan deras yang bersamaan dengan air laut pasang, yang mengakibatkan banjir air laut pasang/Rob. Banyak usaha-usaha yang telah dilakukan untuk menanggulangi banjir di atas, tetapi semuanya masih belum memberikan hasil yang memuaskan.

Adapun upaya-upaya yang telah dilakukan adalah :

- Menutup outlet saluran drainase yang masuk ke sungai dengan pintu sorong atau pintu klep pada saat air laut pasang, sehingga air laut tidak masuk ke saluran.
- Pompa air yang mobile untuk mengeringkan daerah yang tergenang banjir air laut pasang. Jadi air laut ini di pompa kembali ke sungai.
- Peninggian rumah-rumah penduduk dan peninggian jalan-jalan di kampung, sehingga tidak terjangkau banjir air laut pasang.

Untuk mengatasi banjir Rob diatas juga diusulkan untuk membangun Dam Lepas Pantai. Dam Lepas Pantai ini direncanakan membentang antara perbatasan Kota Semarang dengan Demak sampai Kendal dan mempunyai panjang keseluruhan 18 Km diharapkan dapat mengatasi masalah banjir air laut pasang secara tuntas yaitu dengan mencegah gelombang pasang masuk ke danau. Dengan Dam Lepas Pantai

ini, maka air didalam danau dipertahankan pada elevasi - 0,90 M (TTG) dengan jalan mengoperasikan pompa-pompa.

Dengan hilangnya pengaruh air laut pasang yang masuk ke daratan, maka genangan banjir di daerah Semarang Bawah akan dapat dikurangi.

Dalam studi ini dilakukan kajian tentang operasi pompa-pompa yang diperlukan untuk mempertahankan elevasi muka air di dalam danau pada - 0,90 M TTG pada kondisi banjir 1 tahun dan banjir 25 tahunan. Pengambilan elevasi muka air danau pada - 0.90 M TTG, ini berkaitan dengan pemanfaatan lahan.

## **1.2. PERMASALAHAN DAERAH**

Pada saat ini kota Semarang, khususnya daerah pantai dan dataran rendah mempunyai permasalahan sebagai berikut :

### **1.2.1. BANJIR ROB**

Istilah banjir Rob adalah banjir yang disebabkan oleh air laut pasang. Karena elevasi muka tanah lebih rendah daripada elevasi muka air pasang, maka air laut masuk ke daratan, sehingga menimbulkan genangan di perkampungan-perkampungan penduduk dan kawasan perkantoran di daerah pantai dan dataran rendah. Banjir Rob ini sangat mengganggu aktivitas perkantoran, perekonomian dan kerja penduduk di daerah yang tergenang oleh banjir tersebut.

Daerah yang terkena banjir air pasang ini adalah daerah dekat pantai yang mempunyai elevasi tanah lebih rendah dari elevasi air laut pasang, seperti Tanah Mas, Kelurahan Darat Lasimin, Kelurahan Melayu Darat, Kelurahan Bandar Harjo, Kelurahan Purwosari, Kelurahan Kuningan dan Tambak Lorok. Dari tahun ke tahun, daerah yang mengalami banjir Rob semakin meluas dengan intensitas genangan yang juga meningkat. Hal ini disebabkan oleh penurunan tanah, pengambilan air tanah yang tidak terkendali, dan perubahan tata guna lahan.

### **1.2.2. PENURUNAN MUKA TANAH**

Penurunan muka tanah (*Land Subsidence*) ini disebabkan terutama oleh pengambilan air tanah dari sumur dalam, oleh industri yang berada di daerah dekat pantai dan juga akibat pembebanan oleh bangunan-bangunan bertingkat diatasnya.

Pengambilan air tanah melalui sumur dalam periode 1900 - 1998 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

**TABEL 1.1. PENGAMBILAN AIR TANAH  
MELALUI SUMUR DALAM PERIODE 1900-1998**

No.	Tahun	Jumlah	Jumlah Pengambilan		
			m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /bulan	m <sup>3</sup> /tahun
1.	1900	16	1.300	39.00	468.000
2.	1910	18	1.310	39.300	471.600
3.	1920	18	1.400	42.000	504.000
4.	1932	28	1.610	48.300	579.600
5.	1982	127	37.460	1.123.800	13.485.600
6.	1985	150	44.064	1.320.000	15.840.000
7.	1990	260	61.570	1.847.100	22.165.200
8.	1995	316	74.130	2.223.900	26.686.800
9.	1996	659	80.954	2.428.705	29.144.460
10.	1997	745	96.798	2.903.941	34.847.292
11.	1998	776	98.998	2.969.940	35.639.280

Sumber : Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung, 1999

Dari tabel diatas, diketahui bahwa sejak tahun 1982 perkembangan pengambilan air tanah cenderung meningkat tajam yaitu telah mencapai 13.485.600 m<sup>3</sup>/tahun, yang diambil dari 127 sumur bor.

Adapun angka penurunan muka tanah per tahun di beberapa lokasi yaitu antara 0,5 – 1,6 cm per tahun. Tabel 1.2. menunjukkan penurunan muka tanah dimaksud diatas.

**TABEL 1.2. PENURUNAN MUKA TANAH**

NO	LOKASI	PENURUNAN MUKA TANAH	
1	STM PERKAPALAN	1,0	cm/th
2	SIMPANG – 5	0,9	cm/th
3	TAMBAK LOROK	1,6	cm/th
4	P3B PELAYARAN	0,7	cm/th
5	JOMBLANG	0,5	cm/th
6	KALIGawe	0,9	cm/th

Sumber data : JICA, 1995

Dari data di atas dapat diketahui bahwa korelasi pengambilan air tanah dengan penurunan muka tanah adalah sebagai berikut, bahwa untuk pengambilan air tanah sebesar 26.686.800 m<sup>3</sup>/tahun akan menyebabkan penurunan muka tanah sebesar 0,9 cm/tahun.

Di Semarang terdapat 9 (sembilan) Titik Tinggi Geodesi (TTG), yang tersebar di beberapa lokasi baik di daerah perbukitan maupun di daerah rendah/pesisir.

Adapun kesembilan Titik Tinggi Geodesi tersebut adalah TTG 449 yang terletak di dekat Srandol, TTG 447 yang terletak di Kaliwiru, TTG 446 yang terletak di Tugu Muda, TTG 444 yang terletak di IAIN Walisongo, TTG 443 yang terletak di Kantor P dan K, TTG 442 yang terletak di seberang Pos, TTG 440 yang terletak di Stasiun Kaliwungu, TTG 927 yang terletak di Karangimpul, dan TTG 926 yang terletak di Trimulyo.

### 1.2.3. TATA GUNA LAHAN

Pola pengembangan wilayah kota Semarang sampai dengan tahun 2000 terbagi menjadi 4 macam struktur wilayah pengembangan, yaitu :

- a. Wilayah pengembangan I yang meliputi wilayah pusat kota dan sekitarnya dengan kegiatan utama sebagai pusat kota.
- b. Wilayah pengembangan II yang meliputi wilayah Tugu dan Genuk dengan kegiatan utama sebagai industri.
- c. Wilayah pengembangan III yang meliputi wilayah sekitar Alastuwo, Kedungmundu dan Banyumanik dan sebagian kecamatan Tugu dengan kegiatan utama jasa-jasa dan permukiman kepadatan sedang.
- d. Wilayah pengembangan IV yang meliputi wilayah sub kota Gunungpati dan Mijen, dengan kegiatan utama agraris.

Peta Wilayah Pengembangan Kota Semarang dapat dilihat pada Lampiran A. Sesuai dengan Wilayah Pengembangan Kota Semarang tersebut dapat diketahui bahwa daerah industri terkonsentrasi di daerah Utara sepanjang pantai dan dataran rendah (Wilayah Pengembangan II). Juga dapat dilihat Pengembangan Wilayah I, yaitu sebagai pusat kota dan perumahan penduduk juga mempunyai wilayah pantai dan dataran rendah yang mempunyai topografi yang relatif landai. Jadi daerah di Wilayah Pengembangan I dan II merupakan daerah yang rawan terhadap banjir Rob.

Rencana Tata Guna Tanah Kota Semarang sampai dengan tahun 2000 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

**TABEL 1.3. RENCANA TATA GUNA TANAH KOTA SEMARANG  
SAMPAI TAHUN 2000**

NO	JENIS PENENTUAN TANAH	LUAS	
		Ha	%
1.	Perumahan	15.200,46	42,55
2.	Perdagangan	281,05	0,75
3.	Industri	2.075,00	5,55
4.	Perkantoran	119,87	0,32
5.	Taman Hiburan dan Olah Raga	448,10	1,20
6.	Pusat Kebudayaan	30,00	0,08
7.	Fasilitas Pendidikan	1.038,76	2,78
8.	Fasilitas Kesehatan	103,40	0,28
9.	Terminal Bus/Truk	143,00	0,38
10.	Terminal Kereta Api	143,00	0,38
11.	Terminal Udara	225,00	0,60
12.	Pelabuhan dan Pergudangan	384,00	1,03
13.	Penghijauan dan Jalan	14.195,21	37,99
14.	Pertanian	2.283,15	6,11
	<b>TOTAL</b>	<b>37.370,90</b>	<b>100,00</b>

Sumber data : Rencana Umum Tata Ruang Kota Semarang tahun 1975-2000

Peta penggunaan lahan tahun 1992 dapat dilihat pada Lampiran B. Sedangkan perubahan Tata Guna Lahan tahun 1987 dan tahun 1992 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

**TABEL 1.4. PERBANDINGAN TATA GUNA LAHAN  
TAHUN 1987 DAN TAHUN 1992**

NO	LAHAN	TAHUN 1987	TAHUN 1992
1.	Perumahan	33,24%	40,59%
2.	2 s/d 12 tabel 1.3.	18,35%	18,17%
3.	Penghijauan dan jalan	31,41%	28,77%
4.	Pertanian	17,00%	12,47%
	Total	100,00%	100,00%

Sumber data : BAPPEDA, 1993



#### **1.2.4. KUALITAS AIR**

Masyarakat di daerah pesisir maupun di daerah sekitarnya yaitu di daerah dataran rendah memenuhi kebutuhan air minum, mandi dan cuci dengan mengambil air dari sumur dangkal dan sebagian dari PDAM. Kualitas air sumur dangkal kurang baik, karena adanya intrusi air laut (JICA, 1999). Untuk mendapatkan air yang tidak tercemar oleh air laut, maka khususnya perkantoran dan industri yang menempati daerah pesisir ini, mengambil air dari sumur dalam. Sesuai dengan peruntukannya, di daerah dataran (Wilayah Pengembangan I dan II) banyak terdapat industri, sehingga pengambilan air tanah dalam di daerah ini cenderung berlebihan dan tidak terkendali. Pengambilan air dari sumur dalam ini dapat menimbulkan masalah penurunan muka tanah.

Karena masalah air bersih ini adalah penting sekali untuk keperluan sehari-hari bagi masyarakat maka harus dicarikan solusi untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat dan industri.

#### **1.3. PERUMUSAN MASALAH**

Permasalahan banjir air laut pasang/Rob sampai saat ini belum dapat diatasi dengan baik, karena penanggulangan banjir Rob yang sudah dilaksanakan hanya merupakan penanggulangan yang bersifat lokal.

Maka dalam rangka menanggulangi banjir air laut pasang timbul suatu gagasan untuk membuat Dam Lepas Pantai yang membentang antara perbatasan Kota Semarang dengan Demak sampai Kendal. Dengan Dam Lepas Pantai, maka gelombang pasang tidak dapat masuk ke danau dan ke daratan pantai. Sehingga genangan banjir Rob tidak terjadi lagi. Selain itu, danau atau kolam yang terbentuk airnya dapat ditawarkan yang kemudian dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku bagi masyarakat dan industri. Dalam konsep Dam Lepas Pantai ini, muka air di dalam danau dipertahankan tetap pada elevasi -0,90 M TTG (1,35 M dibawah HHWL) yaitu dengan mengoperasikan sistem pompa.

#### **1.4. TUJUAN PENELITIAN**

##### **1.4.1. TUJUAN**

Dalam studi ini dilakukan kajian tentang operasi pompa-pompa yang diperlukan untuk mempertahankan elevasi muka air di dalam danau pada - 0,90 M TTG pada kondisi banjir 1 tahun dan banjir 25 tahunan, untuk menanggulangi Rob.

#### **1.4.2. SASARAN PENELITIAN**

Adapun sasaran penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisa daerah genangan Rob Kota Semarang.
2. Kajian hidrologi banjir dari sungai-sungai yang masuk ke dalam danau/kolam dibelakang Dam Lepas Pantai.
3. Kajian hidraulik sistem pengoperasian pompa dan jaringan untuk Dam Lepas Pantai.
4. Analisa ekonomi pengoperasian pompa dan keuntungan pengurangan daerah genangan banjir air laut pasang / Rob.

#### **1.5. MANFAAT HASIL PENELITIAN**

Penelitian mengenai aspek operasional sistem pompa untuk Dam Lepas Pantai ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi dan pengetahuan mengenai Dam Lepas Pantai dan pengembangannya lebih lanjut.

#### **1.6. DESKRIPSI DAM LEPAS PANTAI**

Dam Lepas Pantai ini adalah merupakan gagasan untuk menanggulangi masalah banjir air laut pasang/Rob, secara tuntas. Banjir Rob adalah air laut pasang yang merambah masuk ke wilayah-wilayah perkotaan sampai ke lokasi pemukiman penduduk maupun perkantoran yang terletak dibagian Utara kota. Sementara ini, penanggulangan banjir Rob yang dilakukan adalah peninggian jalan dan pompanisasi air Rob ke sungai, yang mana keduanya ini bukan merupakan penanggulangan tuntas, melainkan hanya sementara saja dan bersifat lokal.

Denah dan Potongan Dam Lepas Pantai ini yang membentang antara perbatasan Dati II Semarang dengan Demak sampai Kendal dengan panjang keseluruhan 18 KM, dapat dilihat pada Lampiran C.

Dan Lampiran D menunjukkan potongan Dam Lepas Pantai.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. PENDAHULUAN**

Banyak kota-kota besar di Indonesia, bahkan di tingkat dunia yang terletak di dataran rendah, daerah pantai dan delta. Demikian juga kota Semarang Bawah yang terletak di dataran rendah dan daerah pantai.

Kota-kota tersebut di atas mempunyai permasalahan banjir yang menimpa penduduknya setiap tahun, dan menimbulkan banyak kerugian. Adapun penyebab utama banjir di atas adalah keadaan topografinya yang relatif landai, sehingga saluran-saluran yang ada sulit atau kurang lancar mengalirkan air banjir tersebut. Juga akibat kemiringan saluran yang relatif landai, menyebabkan banyak sedimen yang terjadi di saluran, sehingga kapasitas saluran tidak mampu lagi menampung air banjir.

Pemeliharaan saluran yang jelek, menambah buruknya keadaan banjir di dataran rendah ini. Khususnya di kota Semarang, karena sebagian daerah pesisir dan dataran rendah mempunyai elevasi tanah yang lebih rendah daripada elevasi muka air laut pasang, sehingga air laut masuk ke daerah tersebut, dan menyebabkan banjir air laut pasang / Rob.

#### **2.2. PENYEBAB BANJIR**

##### **2.2.1. PERUBAHAN FUNGSI LAHAN DAN TATA GUNA TANAH**

Fungsi lahan dan Tata Guna Tanah erat sekali hubungannya dengan terjadinya banjir. Jadi, kondisi lahan daerah pengaliran sungai yang tidak lagi memenuhi fungsi sebagai daerah resapan air secara memadai akibat adanya kerusakan, misalnya dengan adanya penebangan liar tanpa adanya usaha penanaman kembali pada wilayah hutan lindung menyebabkan air hujan yang jatuh akan langsung menimpa tanah dan menimbulkan erosi serta mengakibatkan terjadinya limpasan permukaan (*run off*) yang tinggi. Dengan adanya perubahan tumbuhan tertutup dari jenis tanaman keras menjadi tanaman pangan (padi, jagung, ketela dan

sebagainya), juga akan menimbulkan kerusakan pada lahan (erosi meningkat) disamping akan mengurangi kapasitas infiltrasi tanah dan waktu genangan mengecil.

### 2.2.2. KONDISI SUNGAI DAN DRAINASE

Kondisi sungai-sungai dan sistem saluran drainase yang tidak memadai, yaitu kapasitasnya tidak bisa menampung debit yang ada. Hal ini disebabkan karena besarnya sedimentasi yang terjadi pada dasar sungai dan saluran tersebut, dan juga kurangnya jaringan sistem drainase saat sekarang.

### 2.2.3. SEDIMENTASI

Masalah sedimentasi baik pada sungai-sungai, maupun pada saluran merupakan faktor yang harus diperhatikan sejak dini, karena semakin besar sedimentasi semakin sulit penanganannya.

Dengan adanya penambahan sedimen yang tinggi tersebut, akan cepat terjadi pendangkalan saluran drainase dan sungai yang ada sehingga bila tidak diimbangi dengan tindakan pemeliharaan yang memadai akan mempunyai potensi besar untuk meluap.

### 2.2.4. PASANG SURUT

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda angkasa, dalam hal ini adalah bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi. Pada waktu permukaan air laut mencapai puncak tingginya, kita sebut kedudukan air itu Air Tinggi/*High Water Level*. Dan sebaliknya pada waktu permukaan air mencapai surut, disebut Air Rendah/*Low Water Level*. Antara Air Tinggi dan Air Rendah disebut Duduk Tengah/*Mean Sea Level*.

Pengaruh dari fluktuasi pasang surut muka air laut sangat terlihat pada saluran drainase kota di dekat muara, khususnya yang berhubungan langsung dengan laut yaitu menimbulkan adanya pengaruh arus balik (*back water*).

Kondisi rata-rata muka air laut pasang yang lebih tinggi dari daratan akan mengakibatkan banjir air laut pasang / Rob.

#### **2.2.5. KETERBATASAN DANA OPERASI DAN PEMELIHARAAN**

Operasi dan pemeliharaan saluran drainase dan sungai yang ada memiliki peran yang sangat penting, agar saluran atau sungai tersebut dapat selalu berfungsi dengan baik.

Dengan terbatasnya dana untuk menunjang keperluan tersebut maka pelaksanaan pemeliharaan saluran, misalnya pengerukan yang dilakukan secara berkala, akan menurun frekuensinya sehingga sampah dan endapan sedimen yang terkumpul didalam saluran dan sungai akan mengakibatkan dimensi efektif saluran/sungai menjadi berkurang sehingga aliran akan terhambat dan pada waktu volume air meningkat dimusim penghujan akan menjadi luapan banjir.

#### **2.2.6. PERILAKU / SIKAP MASYARAKAT**

Masih ada sebagian dari masyarakat yang bersikap kurang peduli misalnya membuang sampah dengan sembarangan kedalam sungai atau saluran drainase, dan kurang menyadari bahwa sampah yang dibuang tersebut akan mengurangi kapasitas saluran atau menghambat aliran sehingga akan mengakibatkan terjadinya banjir.

Disamping itu pada lokasi atau daerah yang padat penduduknya kadang-kadang orang membuat bangunan yang menjorok kearah sungai melewati batas sempadan sungai/bantaran sehingga dimensi sungai tersebut akan berkurang dan dapat menimbulkan banjir.

#### **2.2.7. PENURUNAN MUKA TANAH**

Pemompaan air tanah dari sumur dalam yang terlalu banyak akan menyebabkan penurunan muka tanah dan intrusi air laut. Juga bangunan-bangunan besar akan membebani tanah dan memberikan andil dalam penurunan muka tanah.

Penurunan muka tanah ini sangat berpengaruh dalam terjadinya banjir air laut pasang yaitu memperbesar genangan banjir air laut pasang.

Adapun mekanisme penurunan muka tanah di kota Semarang, sebagai akibat dari pemompaan air tanah yang berlebihan, dapat dilihat pada Lampiran E.

Disini digambarkan bahwa suatu "Confined Aquifer" yang terdiri dari lapisan pasir, dengan kedalaman 90 m sampai 110 m dari muka tanah.

Ada dua lapisan tanah, yaitu lapisan pertama berupa “Alluvial Soft Clay” dengan tebal 20-30 m dan dibawahnya berupa lapisan “Hard Clay” dengan tebal 60-70 m.

Dengan adanya pemompaan air dari aquifer yang berlebihan, maka terjadi “SQUEEZING”, yaitu masuknya air dari lapisan lempung ke aquifer. Dan kemudian terjadilah penurunan muka tanah didaerah tersebut.

### **2.3. PENANGGULANGAN BANJIR DAN PEMINIMUMAN KERUGIAN BANJIR**

#### **2.3.1. PENATAAN DAERAH PENGALIRAN SUNGAI (DPS)**

Penataan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) dimaksudkan untuk mengendalikan banjir kiriman. Yang dimaksud dengan daerah pengaliran sungai adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung pegunungan dimana semua air yang ada di daerah tersebut akan tertampung dan selanjutnya dialirkan keluar baik melewati sungai tersebut maupun melewati aliran bawah tanah. Daerah pengaliran sungai mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap terjadinya musibah banjir dan kekeringan serta terjadinya pendangkalan alur sungai dan muara.

Daerah pengaliran sungai yang baik (sebagian besar merupakan kawasan hutan) akan mampu menyerap dan menahan air hujan yang turun di daerah pengaliran sungai tersebut, sehingga aliran permukaan (yang memberikan kontribusi terbesar pada debit banjir) dapat dikurangi. Dan air yang terserap akan dikeluarkan sedikit-demi sedikit melalui aliran bawah tanah. Dengan demikian akan mengalami kontinuitas aliran sepanjang tahun. Selain itu erosi yang terjadi juga kecil, karena lahan dilindungi dengan adanya pepohonan yang rindang, sehingga proses terjadinya pendangkalan sungai dan muara bisa dikurangi dan kesuburan tanah bisa terjaga. Dengan kata lain kondisi daerah pengaliran sungai yang baik akan mampu mengurangi/mengendalikan terjadinya banjir, kekeringan serta tingkat kesuburan tanah. Sebaliknya daerah pengaliran sungai yang rusak akan memacu terjadinya musibah banjir dan kekeringan serta penurunan tingkat kesuburan tanah. Kerusakan daerah pengaliran sungai biasanya disebabkan oleh pengelola daerah pengaliran sungai yang ceroboh tanpa mengindahkan dan memperhatikan konservasi tanah dan sumber air.

### 2.3.2. NORMALISASI SUNGAI

Kondisi sungai yang mengalir di Kotamadya Semarang secara umum mempunyai kapasitas yang rendah, hal ini disebabkan oleh sedimentasi yang tinggi di daerah sungai.

Keterbatasan biaya eksploitasi dan Pemeliharaan sungai dan drainase juga memperberat keadaan ini. Maka perlu normalisasi sungai guna meningkatkan kapasitas tampung sungai.

### 2.3.3. BANGUNAN PENGENDALI BANJIR

Di daerah hulu, sungai mempunyai kemiringan terjal, sehingga dengan adanya hujan yang lebat akan menyebabkan tingkat erosi yang tinggi dan menyebabkan aliran puncak yang besar.

Apalagi di daerah hulu kurang adanya pengolahan tanah yang tepat, maka bangunan pengendali banjir sangat diperlukan antara lain :

- Pembangunan waduk
- Pembuatan bangunan pengendali (*Chek Dam*)

### 2.3.4. DRAINASE KOTA

Drainase kota dimaksudkan untuk mengendalikan banjir lokal dan banjir akibat pasang air laut (Rob) yang terjadi di Kota Semarang.

Usaha-usaha yang perlu dilakukan untuk pengendalian tersebut antara lain :

1. Perbaikan bangunan-bangunan dari saluran-saluran yang kapasitas alirannya sudah tidak memadai untuk menyalurkan debit banjir.

Hal ini dilakukan dengan :

- Pengerukan/pembersihan sedimen/kotoran di saluran-saluran yang sudah banyak terisi sedimen/kotoran, terutama di saluran-saluran tertutup dan bangunan-bangunan persilangan (*siphon*, gorong-gorong, jembatan).
- Memperbesar kapasitas saluran dan bangunan yang kondisinya kurang memadai baik fisik maupun fungsinya, termasuk penempatan sistem utilitas dan yang belum terkoordinasi dengan baik.

2. Pembuatan sistem drainase baru yang dihubungkan dengan sistem drainase yang sudah ada terutama untuk daerah-daerah pengembangan (real estate dan industri baru) termasuk drainase jalan.

3. Pembuatan fasilitas bangunan perlindungan terhadap tingginya muka air banjir dan atau muka air Rob dengan :
  - peninggian tanggul
  - pembuatan tebing
  - pintu air

#### 2.3.5. MEMPERKECIL KERUGIAN BANJIR

Usaha-usaha untuk memperkecil kerugian banjir ini berorientasi pada pengendalian banjir yang berwawasan lingkungan.

Dengan semakin berkembangnya permukiman penduduk, kawasan industri, pusat-pusat perdagangan, perkantoran dan prasarana umum seperti jalan raya, maka permukaan tanah yang terbuka untuk peresapan air hujan bertambah sempit, sehingga *run of coefficient* semakin bertambah tinggi, hal ini akan mengakibatkan debit banjir pada saluran drainase bertambah besar, sehingga suatu saat kapasitas saluran yang ada tidak mampu lagi.

Untuk mengatasi hal ini, maka :

- Perlu ditingkatkan penghijauan kota, dan penghijauan pada halaman rumah-rumah penduduk.
- Penutup permukaan tanah sebaiknya digunakan bahan yang berpori, sehingga sebagian air hujan dapat meresap ke dalam tanah.
- Perlu dimasyarakatkan dan di PERDA kan pembuatan sumur-sumur/kolam-kolam peresapan air hujan pada setiap perumahan, perkantoran dan lain-lain.

#### 2.4. PENANGGULANGAN BANJIR DI DAERAH RENDAH

##### 2.4.1. PENINGGIAN TANAH (*LAND FILLING*)

Pada daerah-daerah rendah yang biasa terkena banjir maka untuk menghindari air banjir tersebut, perlu peninggian tanah (*land filling*). Peninggian tanah tersebut adalah dengan melakukan urugan atau *filling*, yang sudah barang tentu menggunakan tanah yang baik dan harus dipadatkan, sehingga elevasi urugan berada diatas elevasi muka air banjir.

Sehingga dengan demikian rumah-rumah penduduk berada di atas urugan tanah dan akan bebas dari pengaruh air banjir.



#### **2.4.2. POLDER**

Polder, yaitu suatu sistem penanggulangan banjir dengan jalan memisahkan sistem hidrologi daerah tersebut dengan daerah sekitar. Jadi sistem jaringan drainasenya hanya melayani daerah yang bersangkutan, tidak menerima kiriman dari daerah lain.

Sistem polder ini biasanya digabungkan dengan sistem pompa dan pintu klep pasang surut di muara sungai.

#### **2.4.3. DAM LEPAS PANTAI**

Dam Lepas Pantai ini adalah suatu penanggulangan masalah banjir, khususnya banjir air laut pasang/Rob secara tuntas.

Dengan sistem ini ada beberapa keuntungan, antara lain yaitu :

- Tidak ada masalah pembebasan tanah.
- Dam bisa dimanfaatkan sebagai jalan bebas hambatan.
- Air tawar sebelum masuk kelaut, dapat dimanfaatkan untuk air bersih, perikanan, sumber tenaga listrik, pertanian dan perkebunan, serta wisata air.
- Meningkatkan fungsi pelabuhan Tanjung Emas.

Dam ini membentang antara perbatasan Kota Semarang dengan Kabupaten Demak sampai Kendal, dengan panjang keseluruhan 18 KM, dan menciptakan danau air tawar seluas 3000 ha.

Adapun kerugian Dam Lepas Pantai adalah :

- Untuk memindahkan pelabuhan Tanjung Emas diperlukan biaya yang besar, karena fasilitas pelabuhan yang sudah ada ditinggalkan dan membuat yang baru.
- Terjadi dampak sosial untuk memindahkan Perusahaan Kayu Lapis, Tempat Pelelangan Ikan Tambak Lorok, serta PLTU.

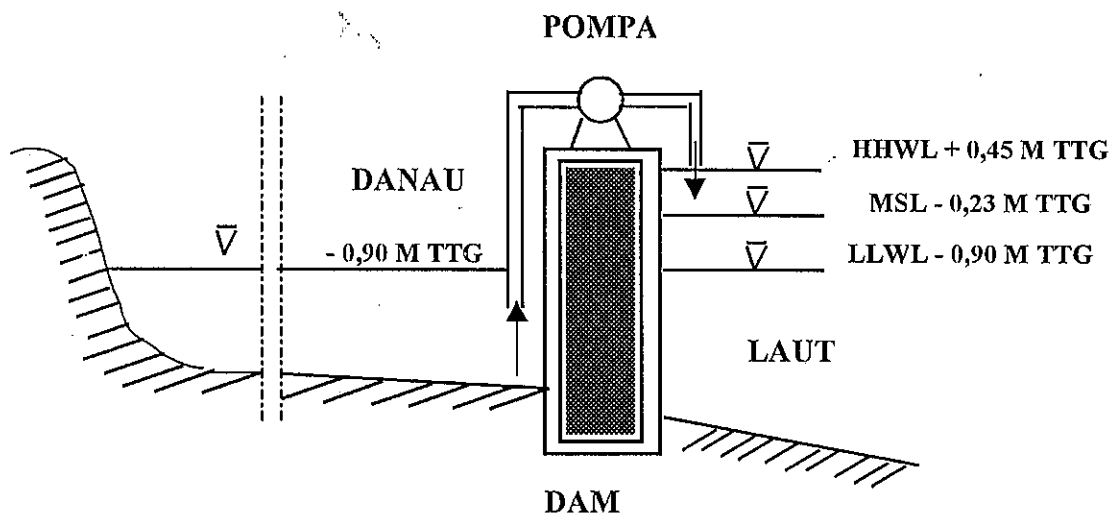
#### **2.4.4. SALURAN DRAINASE DAN SISTEM POMPA**

Pada daerah rendah dan daerah pantai keadaan topografinya adalah relatif landai, sehingga saluran-saluran yang ada sulit mengalirkan air banjir. Oleh karena itu perlu adanya sistem pompa untuk memompakan air dari daerah yang tergenang banjir tersebut ke sungai.

## 2.5. KONSEP DAM LEPAS PANTAI

Adapun konsep Dam Lepas Pantai ini adalah menggunakan pompa yang terletak di atas tubuh Dam untuk memindahkan air danau ke laut, sedemikian sehingga elevasi muka air di danau tetap berada pada elevasi  $-0,90$  M TTG. Kondisi ini juga tetap dipertahankan pada saat terjadi banjir kiriman dari sungai-sungai yang masuk.

Gambar 2.1. menunjukkan konsep dari pada Dam Lepas Pantai.



GAMBAR 2.1. KONSEP DAM LEPAS PANTAI

## 2.6. ASPEK HIDROLOGI

### 2.6.1. BANJIR RENCANA

Untuk menentukan banjir rencana diperlukan data banjir dari sungai-sungai yang ditinjau. Apabila data banjir dari sungai-sungai tersebut tidak tersedia, maka banjir rencana dapat dihitung dari data curah hujan.

Dalam menentukan Debit banjir Rencana (*Design Flood*), perlu didapatkan harga intensitas curah hujan, yang umumnya dihubungkan dengan kejadian dan lamanya hujan turun, yang disebut *Intensity Duration Frequency* (IDF). Oleh karena itu diperlukan data curah hujan tahunan jangka pendek, misalnya, 5 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit dan seterusnya. Data curah hujan jangka pendek ini hanya didapatkan dari data pengamatan curah hujan otomatis.

## 2.6.2. CURAH HUJAN RENCANA

### 2.6.2.1. DISTRIBUSI PROBABILITAS HUJAN

Beberapa metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana, adalah :

#### 1. Metode Normal

Persamaan metode Normal :  $X_{Tr} = \bar{X} + K S_x$

Dimana :  $X_{Tr}$  = curah hujan dengan periode ulang  $Tr$  (mm)

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata (mm)

$S_x$  = standar deviasi (mm)

$K$  = faktor frekuensi distribusi Normal

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

$X_i$  = curah hujan pada tahun ke  $i$

$n$  = jumlah sampel

#### 2. Metode Gumbel

Persamaan Gumbel :  $X_{Tr} = \bar{X} + (K \times S_x)$

Dimana :  $X_{Tr}$  = curah hujan maksimum dengan periode ulang  $Tr$  (mm)

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata (mm)

$K$  = faktor frekwensi Gumbel

$S_x$  = standar deviasi (mm)

#### 3. Metode Log Pearson III

Persamaan Log Pearson III :  $\text{Log}(X_{Tr}) = \overline{\text{Log}(X)} + K_{Tr}(S_{\text{Log} X})$

Dimana :  $X_{Tr}$  = curah hujan dengan periode ulang  $Tr$  (mm)

$K_{Tr}$  = koefisien Log Pearson III

$$\overline{\text{Log}(X)} = \left( \sum_{i=1}^n \log(X_i) \right) / n$$

$$S_{\text{Log} x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log(X_i) - \overline{\text{Log}(X)})^2}{n-1}}$$

$$g_{\log x} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log (X_i) - \overline{\log (X)})^3}{(n-1)(n-2)(S_{\log x})^3}$$

Untuk menentukan distribusi yang paling tepat dalam menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu, maka perlu diperhatikan kriteria dari ketiga metode tersebut, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**TABEL 2.1. KRITERIA METODE NORMAL,  
GUMBEL DAN LOG PEARSON III**

Distribusi		
Normal	Gumbel	Log Pearson III
Koefisien <i>skewness</i> : $g \approx 0$	Koefisien <i>skewness</i> : $g \approx 1,14$	Jika tidak menunjukkan sifat seperti pada Distribusi Metode Normal atau Gumbel
Koefisien Kurtosis : $\gamma \approx 3$	Koefisien Kurtosis : $\gamma \approx 5,4$	

Sumber : Hidrologi Teknik, Soemarto

Sebelum menentukan jenis distribusi yang akan digunakan, maka terlebih dahulu dicari nilai standar deviasi ( $S_x$ ), dan koefisien *Skewness* dari data curah hujan.

- Standar deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

dimana :

$S_x$  = standart deviasi

$X_i$  = curah hujan pada tahun tersebut

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata

$n$  = jumlah data

- Koefisien *Skewness*

$$g = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_x^3}$$

### 2.6.2.2. UJI KESELARASAN DISTRIBUSI DATA

Setelah tipe distribusi yang akan digunakan telah ditentukan, maka distribusi ini harus diuji keselarasannya, untuk menentukan bahwa distribusi tersebut memiliki penyimpangan yang memenuhi syarat.

Uji tersebut didasarkan pada perbedaan antara nilai pengamatan dengan nilai yang diharapkan pada *Plotting probability*. Uji keselarasan yang digunakan adalah Chi Kuadrat (*Chi Square Test*). Rumus yang digunakan adalah :

- Derajat kebebasan :

$$DK = K - (P + 1)$$

Dimana :

DK = Derajat kebebasan

K = Jumlah kelas

P = Banyaknya keterikatan (P = 2 untuk distribusi Normal, dan P = 1 untuk distribusi Gumbel dan Log Pearson III).

- Jumlah kelas dapat dihitung dengan persamaan :

$$K = 1 + 1,33 \ln (n)$$

Nilai Chi kuadrat ( $X^2$ ) dapat dihitung dengan persamaan.

$$X^2 = \sum \frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$$

Dimana :

$X^2$  = Harga Chi Kuadrat

Ef = Frekwensi banyaknya pengamatan yang diharapkan, sesuai dengan pembagian kelasnya

Of = Frekwensi yang terbaca pada tiap-tiap kelas.

Kemudian harga  $X^2$  hitungan ini harus lebih kecil dari  $X^2$  Cr (Tabel)

Nilai  $X^2$  Cr dihitung dengan memperhatikan *Level of significant* tertentu dan derajat kebebasan.

### 2.6.2.3. DISTRIBUSI JAM-JAMAN HUJAN RENCANA

Dan untuk pendistribusian curah hujan tiap jam dari curah hujan harian, digunakan tabel yang diperoleh dari Tanimoto berdasarkan penelitian BOEREMA, seperti pada Tabel 2.2.

**TABEL 2.2. DISTRIBUSI INTENSITAS HUJAN TIAP JAM**

Jam ke-	HUJAN (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	26	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10	-	5	10	15
11	-	4	9	14
12	-	4	9	14
13	-	4	9	14
14	-	4	9	14
15	-	3	8	12
16	-	3	8	11
17	-	3	7	13
18	-	3	7	13
19	-	2	7	13
20	-	-	7	11
21	-	-	7	11
22	-	-	6	11
23	-	-	4	10

*Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Pengairan  
Direktorat Sungai "Cara Menghitung Design Flood".*

Kemudian setelah curah hujan tiap jam diketahui dan besarnya *total losses* di dapat, maka hujan efektif tiap jam dapat dicari. Besarnya Hujan efektif adalah curah hujan dikurangi *total losses*.

### **2.6.3. HUJAN EFEKTIF**

Hujan efektif adalah besarnya curah hujan yang menyebabkan atau menyumbang langsung aliran diatas tanah. Hujan efektif adalah curah hujan yang sudah dikurangi dengan *total losses*. Perhitungan hujan efektif ini dipengaruhi oleh lamanya intensitas hujan dan juga infiltrasi karena selama hujan turun sebagian dari hujan meresap ke dalam tanah atau menguap sehingga tidak menjadi aliran

permukaan. Dalam studi ini diambil asumsi bahwa hujan efektif adalah curah hujan yang sudah dikurangi dengan *total losses* (infiltrasi, evaporasi, evapotranspirasi, dan sebagainya). Perhitungan air hujan yang hilang karena infiltrasi dapat digunakan rumus Horton.

Rumus Horton ini mengasumsikan bahwa kehilangan air hujan akan berupa lengkung eksponensial, sehingga makin besar jumlah hujan yang meresap akan mengakibatkan tanah menjadi cepat jenuh, akibatnya besar resapan akan berkurang dan akan mengikuti rumus Horton sebagai berikut :

$$f_p = f_c + ((f_o - f_c) \cdot e^{-kt})$$

dimana :

$f_p$  = kapasitas infiltrasi pada waktu  $t$  (mm)

$f_o$  = kapasitas infiltrasi awal, tergantung kepada kondisi kadar lengas tanah (mm)

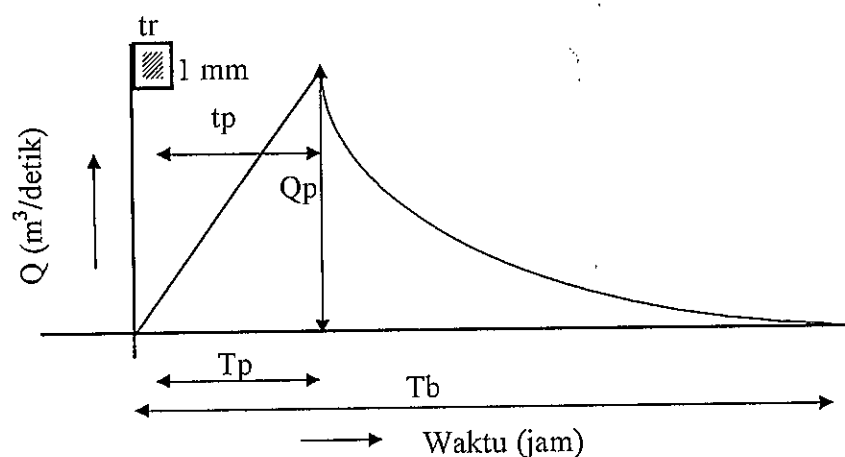
$f_c$  = harga akhir infiltrasi (mm)

$k$  = konstante

$t$  = waktu hujan mulai

#### 2.6.4. HIDROGRAF SATUAN SINTETIK SNYDER - ALEXEJEV

Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif satu satuan kedalaman. Karena keterbatasan data pengamatan hidrograf banjir dan data debit, maka dalam studi ini digunakan hidrograf satuan Sintetik Snyder Alexejev yang mempunyai bentuk seperti Gambar 2.2.



**GAMBAR 2.2.**  
**BENTUK HIDROGRAF SATUAN**  
**SINTETIK SNYDER-ALEXEJEV**

Rumus Snyder adalah sebagai berikut : (Hidrologi Teknik, Soemarto)

$$t_p = C_t (L.L_c)^{0,3}$$

dimana :

$C_t$  = koefisien antara 0,75 - 3

$L$  = panjang sungai (km)

$L_c$  = jarak titik berat daerah pengaliran sampai outlet (km)

Sebelum melanjutkan perhitungan diteliti dahulu harga  $t_p$ , sehingga :

$$t_c = t_p / 5,5 \leq t_r \text{ (1 jam)}, \text{ maka } T_p = t_p + 0,5 t_r$$

jika  $t_c > t_r$

$$T_p = t'_p + 0,5 t_r \text{ (} t_r = 1 \text{ jam)}$$

$$t'_p = t_p + 0,25 (t_r - t_c)$$

$$t_c = t_p / 5,5$$

Sedangkan rumus debit puncak :

$$Q_p = 0,278 \frac{C_p}{T_p} \times A$$

dimana :

$Q_p$  = Debit puncak (m<sup>3</sup>/dt)

$C_p$  = koefisien Snyder untuk menghitung  $Q_p$

$A$  = luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

$T_p$  = Waktu yang diperlukan antara permulaan hujan hingga mencapai puncak hidrograf

$t_p$  = Waktu antara titik berat curah hujan hingga mencapai puncak hidrograf

$T_b$  = *Time base of hydrograph*

$T_r$  = durasi curah hujan efektif

Tetapi rumus Snyder hanya untuk menghitung debit puncak  $Q_p$  dan waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak dari suatu hidrograf saja, sehingga untuk menggambarkan bentuk hidrografnya, digunakan rumus Alexeejev, sebagai berikut :

$$Y = \frac{Q}{Q_p} \quad \text{dan} \quad X = \frac{t}{T_p}$$

dimana :



$$Y = 10^{-a(1-X)/x}$$

$$a = 1,32\lambda^2 + 0,15\lambda + 0,045$$

$$\lambda = \frac{Q_p \times T_p}{h A}, \text{ dimana } h = \text{tinggi hujan 1 mm}$$

### 2.6.5. HIDROGRAF BANJIR RENCANA

Jika  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$  adalah hujan efektif pada jam 1, 2, 3, 4 dan 5 dan  $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$  adalah ordinat hidrograf satuan pada jam 1, 2, 3, ..., dan  $n$  dan ordinat hidrograf banjirnya adalah  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, \dots, Q_n, Q_{n+1}, Q_{n+2}, Q_{n+3}, Q_{n+4}$ , maka nilai-nilai  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  dihitung dengan persamaan :

$$Q_1 = U_1 P_1 + BF$$

$$Q_2 = U_2 P_1 + U_1 P_2 + BF$$

$$Q_3 = U_3 P_1 + U_2 P_2 + U_1 P_3 + BF$$

⋮

$$Q_n = U_n P_1 + U_{n-1} P_2 + U_{n-2} P_3 + \dots + U_1 P_n + BF$$

$$BF = \text{Base Flow (aliran dasar)}$$

Tabel 2.3. menunjukkan perhitungan hidrograf banjir.

**TABEL 2.3. PERHITUNGAN HIDROGRAF BANJIR**

HUJAN EFEKTIF	ORDINAT HIDROGRAF SATUAN JAM KE											
	1	2	3	4	5	-	-	n				
1	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	-	-	$U_n$				
$P_1$	$U_1 P_1$	$U_2 P_1$	$U_3 P_1$	$U_4 P_1$	$U_5 P_1$	-	-	$U_n P_1$				
$P_2$		$U_1 P_2$	$U_2 P_2$	$U_3 P_2$	$U_4 P_2$	$U_5 P_2$	-	-	$U_n P_2$			
$P_3$			$U_1 P_3$	$U_2 P_3$	$U_3 P_3$	$U_4 P_3$	$U_5 P_3$	-	-	$U_n P_3$		
$P_4$				$U_1 P_4$	$U_2 P_4$	$U_3 P_4$	$U_4 P_4$	$U_5 P_4$	-	-	$U_n P_4$	
$P_5$					$U_1 P_5$	$U_2 P_5$	$U_3 P_5$	$U_4 P_5$	$U_5 P_5$	-	-	$U_n P_5$
	BF	BF	BF	BF	BF	BF	BF	BF	BF	BF	BF	BF
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	-	-	$Q_n$	$Q_{n+1}$	$Q_{n+2}$	$Q_{n+3}$	$Q_{n+4}$

Besarnya *base flow* dapat didekati sebagai fungsi luas Daerah Pengaliran Sungai dan kerapatan jaringan sungai yang dirumuskan sebagai berikut (Sri Harto BR) :

$$BF = 0,4751 A^{0,6444A} D^{0,9430}$$

Dimana :

BF = aliran dasar (m<sup>3</sup>/detik)

A = luas DPS (km<sup>2</sup>)

D = kerapatan jaringan sungai (km/km<sup>2</sup>)  

$$= \frac{\text{panjang sungai semua tingkat}}{\text{luas DPS}}$$

## 2.7. ASPEK HIDRAULIK

### 2.7.1. PENENTUAN TINGGI MUKA AIR DI DANAU

Dalam konsep Dam Lepas Pantai, untuk menanggulangi banjir khususnya banjir air laut pasang / Rob maka tinggi muka air di danau harus diturunkan sedemikian sehingga mempunyai elevasi yang sama dengan elevasi air rendah terendah (*LLWL*). Tinggi muka air di danau harus selalu mempunyai elevasi -0,90 M TTG yaitu 1,35 meter di bawah elevasi muka air laut pasang (*HHWL*). Untuk mempertahankan elevasi muka air danau tetap pada -0,90 M TTG pada setiap kondisi, diperlukan sistem pompa.

### 2.7.2. POMPA

Daya pompa tergantung pada kapasitas pompa itu sendiri. Daya pompa dapat dihitung dengan rumus :

$$Dp = \frac{Hp \times Q \times \gamma_w \times g}{\eta}$$

dimana :

Dp = Daya pompa (Kw)

Hp = Total head (m)

Q = Debit pompa (m<sup>3</sup>/detik)

$\gamma_w$  = Berat jenis air (t/m<sup>3</sup>)

g = Percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

$\eta$  = Efisiensi pompa

Jumlah pompa ini tergantung dari kapasitas pompa dan banyaknya air yang akan dipompa keluar. Untuk menjaga kapasitasnya tetap terpenuhi, jika ada kerusakan salah satu pompa maka diperlukan adanya tambahan pompa yang berfungsi sebagai *stand-by*.

Jadi, misal diperlukan kapasitas pompa adalah  $Q$ , dan akan dipasang pompa sebanyak  $n$  buah, maka tiap-tiap pompa mempunyai kapasitas  $Q / (n-1)$ .

### 2.7.3. FLOOD ROUTING

Rumus flood routing adalah sebagai berikut :

$$\Delta S = Q_i \Delta t - Q_0 \Delta t$$

di mana :

$\Delta S$  = perubahan volume tampungan selama  $\Delta t$

$\Delta t$  = interval waktu

$Q_i$  = debit masuk rata-rata selama  $\Delta t$

$Q_0$  = debit keluar rata-rata selama  $\Delta t$

#### Debit masuk ( $Q_i$ )

Debit yang masuk ke danau didapat dari Hidrograf banjir dari sungai-sungai yang bermuara ke danau tersebut. Dengan melihat daerah studi, dapat diketahui ada 17 sungai besar yang masuk ke danau.

#### Debit keluar ( $Q_0$ )

Air yang keluar dari danau, adalah air yang dipompa keluar ke laut pada saat air laut pasang. Adapun debit air yang keluar ini dipengaruhi oleh :

- Kapasitas pompa.
- Jumlah pompa.

Setelah hidrograf banjir semua sungai yang menuju ke danau diketahui dan kapasitas pompa ditentukan, maka selanjutnya dilakukan *Flood Routing*, yang perhitungannya bisa dilihat pada Tabel 2.4. sebagai berikut :

TABEL 2.4. PERHITUNGAN FLOOD ROUTING

Jam ke	$Q_i$ ( $m^3/dt$ )	$St_i$	$St_i$ Kum.	$Q_o$	$St_o$	$St_o$ Kum	Vol
0	0	y	x	0	0	0	0
1							
2							
Dst							

Dimana  $Q_i$  adalah debit dari sungai-sungai yang menuju ke danau, dan  $Q_o$  adalah kapasitas pompa. Jadi  $St_i$  adalah volume air yang masuk selama interval waktu, dalam hal ini adalah satu jam.  $St_i$  kumulatif adalah total volume air yang masuk ke danau selama interval waktu tertentu. Pada *flood routing* ini, ada volume awal yaitu volume air danau dimana elevasi muka air adalah 1,35 meter di bawah *HHWL*.

Dari hasil *flood routing* ini, kita bisa mengetahui volume maximum air sungai yang masuk ke danau.

#### 2.7.4. PENGARUH TERHADAP MORFOLOGI SUNGAI

Efektivitas Dam Lepas Pantai akan lebih besar apabila juga disertai upaya normalisasi sungai. Jadi normalisasi sungai juga merupakan bagian dari gagasan Dam Lepas Pantai. Dalam hal ini normalisasi sungai dimaksudkan merencanakan penampang melintang sungai dan kemiringan dasar sungai sehingga mampu menampung debit banjir rencana. Jadi selain mengatasi banjir, dengan normalisasi sungai maka kualitas air tawar yang tertampung di danau buatan akan meningkat, sebagai akibat sangat berkurangnya dampak erosi.

Sungai secara umum adalah saluran yang membawa air dari hulu ke laut. Sungai mempunyai alur tampang lintang dan kemiringan dasar tertentu. Ketiga sifat diatas, mencerminkan geometri sungai.

Maka dengan adanya Dam Lepas Pantai yang disertai dengan normalisasi sungai, sudah barang tentu akan berpengaruh pada morfologi sungai.

#### 2.8. ASPEK OPERASI DAN PEMELIHARAAN

Masalah Operasi dan Pemeliharaan saluran drainase dan sungai tersebut dapat selalu berfungsi dengan baik.

Masalah Operasi dan Pemeliharaan ini meliputi institusi yang menangani, sumber dana dan teknik pelaksanaan.

a. Institusi yang menangani

Adapun institusi yang menangani harus mempunyai struktur organisasi yang sedemikian sehingga dapat melayani Operasi dan Pemeliharaan secara sempurna. Untuk itu maka harus ada :

- Sub seksi perencanaan

Sub seksi perencanaan ini bertugas mengadakan inventarisasi saluran yang ada lengkap dengan data-data sedimentasi dan lain-lain. Juga mengadakan evaluasi dari data-data yang sudah ada tersebut untuk ditentukan skala prioritasnya.

- Sub seksi pemeliharaan

Sub seksi pemeliharaan ini bertanggung jawab melaksanakan pekerjaan pemeliharaan sesuai dengan usulan dari sub seksi perencanaan yang sudah disetujui. Juga membuat program dan rencana kerja untuk pelaksanaan pemeliharaan baik secara manual maupun dengan alat berat.

b. Sumber dana

Selama ini sumber dana untuk keperluan Operasi dan Pemeliharaan saluran drainase sangat terbatas.

Maka untuk meningkatkan dana Operasi dan Pemeliharaan ini dapat ditempuh beberapa cara antara lain :

- Dengan adanya sub seksi perencanaan diharapkan dapat dibuat program dan proposal untuk Operasi dan Pemeliharaan yang jelas, sehingga memudahkan untuk mendapatkan dana dari APBD Tk. II, APBD Tk. I maupun APBN.
- Meningkatkan pendapatan daerah dengan jalan mengadakan retribusi kebersihan. Didalam retribusi kebersihan terdapat retribusi sampah serta retribusi pelayanan kebersihan yang diberikan oleh Pemerintah.

c. Teknik pelaksanaan

Kegiatan Operasi dan Pemeliharaan saluran drainase kita bagi menjadi dua kelompok yaitu perencanaan yang meliputi inventarisasi, evaluasi, perencanaan, usulan biaya. Dan pelaksanaan yang meliputi membuat program dan rencana kerja, mengoperasikan alat berat yang tersedia, mengadakan koordinasi dengan instansi terkait, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1. PENDEKATAN PENANGGULANGAN BANJIR DI DATARAN RENDAH**

Pada daerah dataran rendah dimana topografinya adalah relatif landai, maka diperlukan adanya pengaturan alur sungai untuk memperbesar kapasitas pengaliran yang antara lain dengan memperkecil hambatan sungai, mengatur arah alur, menghilangkan hambatan penyempitan alur, memperbesar penampang basah sungai dan mengadakan program operasi dan pemeliharaan yang kontinyu.

Dan juga diperlukan pembuatan tanggul-tanggul di sepanjang sungai-sungai yang dianggap potensial mendatangkan banjir serta pintu-pintu air dan rumah pompa untuk menanggulangi banjir akibat air laut pasang.

Juga pada daerah rendah, banjir dapat diatasi dengan Polder. Polder, yaitu suatu sistem penanggulangan banjir dengan jalan memisahkan sistem hidrologi daerah tersebut dengan daerah sekitar.

Khusus di kota Semarang karena adanya banjir air laut pasang, maka ada ide untuk membuat Dam Lepas Pantai yang membentang antara perbatasan Kota Semarang dengan Demak sampai Kendal, yang dimaksudkan untuk mengatasi banjir air laut pasang secara tuntas.

#### **3.2. TEKNIK PENGUMPULAN DATA**

Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data dalam rangka pengendalian banjir air laut pasang/Rob dengan sistem Dam Lepas Pantai ini adalah dengan mencari semua data yang diperlukan, baik data primer maupun data sekunder.

##### **3.2.1. DATA PRIMER**

Data primer ini data yang diperoleh dengan cara mengadakan peninjauan atau survai langsung di lapangan.

Jadi di sini diadakan peninjauan langsung dilapangan, yaitu didaerah yang rawan banjir, yaitu antara Kendal - Semarang - Demak, untuk mendapatkan data

lokasi daerah yang dilanda banjir, dan usaha-usaha apa yang sudah dilaksanakan baik oleh masyarakat maupun oleh pemerintah. Juga kami akan meninjau sekitar lokasi Dam Lepas Pantai, untuk mengetahui fasilitas apa yang sudah ada, dan bagaimana situasi pelabuhan Tanjung Emas, serta bagaimana fasilitas dermaganya.

### **3.2.2. DATA SEKUNDER**

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi-instansi yang terkait dengan studi ini, antara lain :

- Dari Bappeda untuk mendapatkan data peta situasi, peta topografi, peta Tata Guna Tanah dan peta Daerah Banjir.
- Dari Perumpul III, cabang Tanjung Emas untuk mendapatkan data peta Bathimetri, data situasi pelabuhan dan data pasang surut.
- Dari studi terdahulu untuk mendapatkan laporan studi sebelumnya mengenai banjir kota Semarang dan karakteristik dari pada sungai-sungai yang ada.

### **3.3. METODOLOGI ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA**

Setelah semua data yang diperlukan terkumpul, baik data primer maupun sekunder, maka dilanjutkan dengan pengelompokan berdasar jenis data, dan seterusnya dilakukan analisis dan pengolahan data.

#### **3.3.1. ANALISA DATA**

##### **3.3.1.1. DATA SUNGAI**

Dari data sungai yang ada di Kota Semarang yaitu antara perbatasan Kota Semarang dengan Kabupaten Demak sampai perbatasan Kota Semarang dengan Kabupaten Kendal seperti dapat dilihat pada Lampiran F, kita bisa mengetahui karakteristik dari sungai tersebut seperti panjangnya dan Daerah Pengaliran Sungainya (DPS) nya.

Air dari sungai-sungai tersebut diatas akan mengalir masuk ke danau buatan akibat adanya Dam Lepas Pantai yang membentang antara perbatasan Kota Semarang dengan Kabupaten Demak sampai Kendal, seperti dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**TABEL 3.1. NAMA SUNGAI DAN LUAS DPSNYA**

No	Sungai	Luas DPS (KM <sup>2</sup> )
1.	Babon	77,00
2.	Sringin	14,10
3.	Tenggang	28,70
4.	Banjir Kanal Timur	29,70
5.	Banger	6,47
6.	Semarang	6,97
7.	Asin	4,25
8.	Banjir Kanal Barat	204,00
9.	Silandak	1,43
10.	Silandak Flood Way	8,5
11.	Tugu Rejo	3,08
12.	Tapak	4,29
13.	Bom Karanganyar	5,50
14.	Randu garut	7,12
15.	Bringin	4,48
16.	Mangkang Wetan	5,23
17.	Mangkang Kulon	8,50
	<b>Jumlah</b>	<b>419,32</b>

**3.3.1.2. DATA HIDROLOGI**

Dari data curah hujan yang didapat dari stasiun curah hujan otomatis, kita bisa menghitung curah hujan rencana yang sesuai dengan distribusinya.

Kemudian kita menghitung hidrograf satuan yang dihasilkan oleh hujan efektif dengan kedalaman 1 mm/jam dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder - Alexeejev.

Setelah itu kita mencari besarnya infiltrasi dengan rumus Horton. Kemudian kita mencari hujan efektif yang besarnya adalah selisih dari curah hujan tiap jam dikurangi infiltrasi tiap jam. Dari hasil hujan efektif di atas dan ordinat unit hidrograf tiap jam, maka kita bisa mendapatkan hidrograf banjir. Hidrograf banjir ini sudah ditambahkan dengan besarnya aliran dasar (*Base Flow*).

**3.3.1.3. DATA PASANG SURUT**

Data pasang surut ini adalah untuk mengetahui elevasi, baik air pasang tertinggi (HWL), air laut rata-rata (MSL), maupun air laut rendah (LWL).

Adapun fluktuasi ketinggian air laut di Pelabuhan Tanjung Emas, dapat dilihat pada Tabel 3.2.



**TABEL 3.2. FLUKTUASI PASANG - SURUT AIR LAUT**

<b>Muka Air</b>	<b>Sistim BPP M-2</b>	<b>Sistim TTG</b>
HHWL	+ 2,048 M	+ 0,45 M
HWL	+ 1,848 M	+ 0,25 M
MSL	+ 1,368 M	- 0,23 M
LWL	+ 0,898 M	- 0,70 M
LLWL	+ 0,698 M	- 0,90 M

Sumber : JICA, 1999

#### **3.3.1.4. DATA TOPOGRAFI**

Data ini berupa Peta Topografi yaitu berupa peta ketinggian daratan yang mencakup daerah studi, yaitu antara perbatasan Kota Semarang dengan Demak sampai Kendal.

Dari peta ini kita dapat mengetahui ketinggian muka tanah, sehingga daerah yang sering mengalami banjir air laut pasang dapat diketahui juga, yaitu daerah-daerah yang mempunyai elevasi muka tanah lebih rendah dari elevasi air laut pasang.

Pada data topografi ini, juga diperlukan adanya peta Bathimetri untuk mengetahui kedalaman laut dilokasi rencana Dam Lepas Pantai, sehingga volume air yang dapat ditampung dapat dihitung.

#### **3.3.1.5. DATA TATA GUNA LAHAN**

Dari peta Tata Guna Lahan, yang diperoleh dari Bappeda dapat diketahui penggunaan masing-masing lahan, seperti daerah permukiman, perkantoran, industri, pertanian, konservasi dan sebagainya. Jadi kita dapat mengetahui daerah-daerah penting mana yang terkena banjir.

#### **3.3.1.6. DATA DAERAH BANJIR**

Dari peta daerah banjir yang didapat dari Bappeda, kita dapat mengetahui daerah-daerah mana yang terkena banjir/genangan.

### 3.3.2. PENGOLAHAN DATA

Metode pengolahan data dalam studi ini dilakukan secara deskriptif dan analitik. Jadi dalam hal ini kajian efisiensi operasional Dam Lepas Pantai dalam menanggulangi banjir air laut pasang dilakukan dengan menggunakan data dari usulan Dam Lepas Pantai seperti :

- Elevasi air di danau di buat 1,35 meter lebih rendah dari elevasi air laut pasang.
- Dam Lepas Pantai membentang antara perbatasan Kota Semarang dengan Demak sampai Kendal dengan panjang keseluruhan 18 km.

Dan juga analisis dilakukan dengan menggunakan data alam yang ada seperti data pasang surut, data kedalaman laut di rencana lokasi danau, data topografi daerah Semarang Bawah, data daerah-daerah yang tergenang air laut pasang, dan data sungai-sungai yang ada serta karakteristiknya.

#### 3.3.2.1. LUAS MUKA AIR DAN VOLUME DANAU

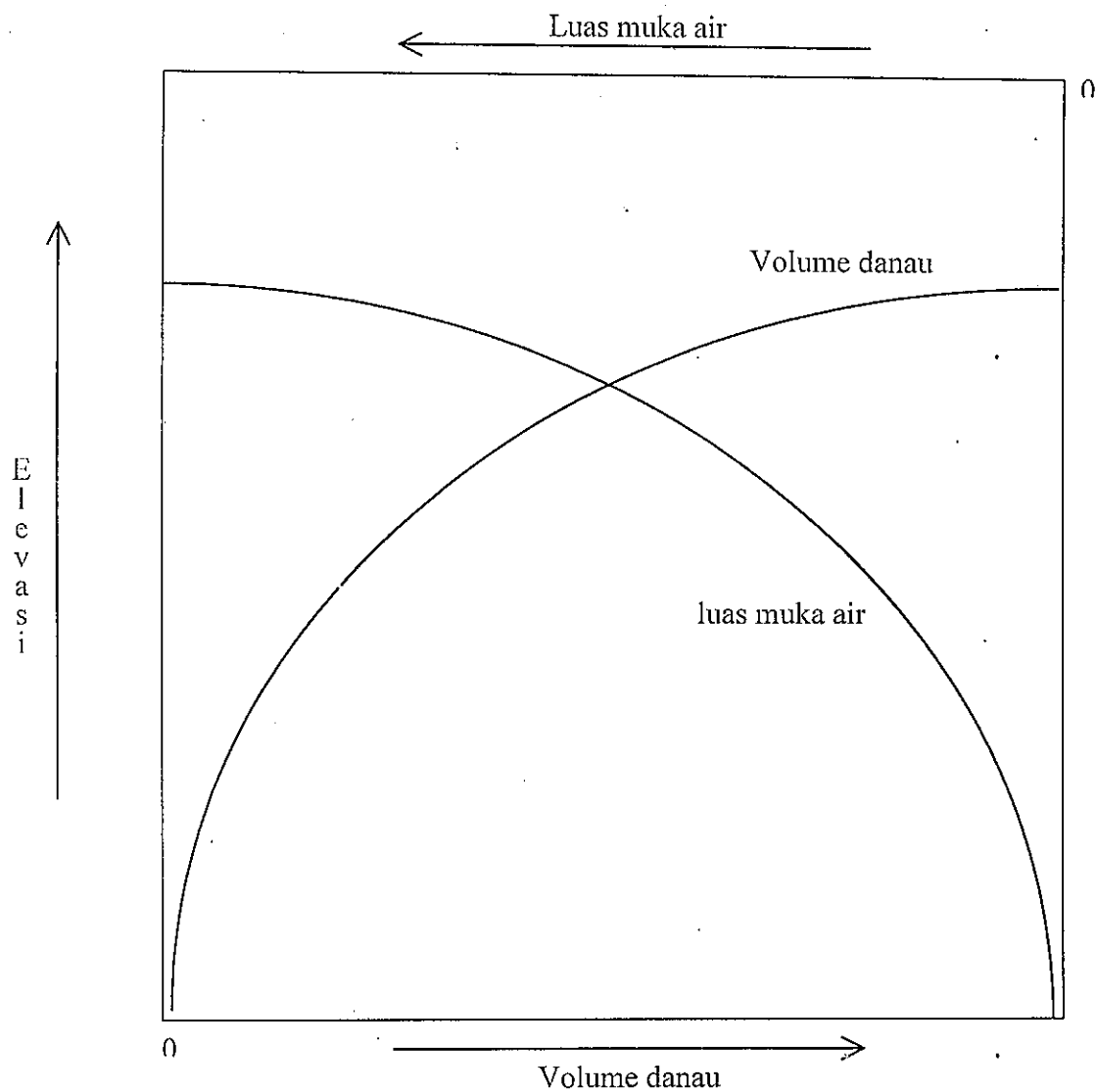
Dari peta Bathimetri, bisa diketahui luas muka air dan volume air di danau sesuai dengan elevasinya.

Tabel 3.3 menunjukkan cara perhitungan luas muka air dan volume air danau.

**TABEL 3.3. PERHITUNGAN VOLUME DANAU**

No	Elevasi (M)	Luas Muka Air (M2)	Luas Genangan Rata-Rata (M2)	Tinggi Genangan (M)	Volume (M3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	- 8	.....			
			.....	1	.....
2	- 7	.....			
			.....	1	.....
dst.					

Dan hubungan antara luas muka air, volume, dengan elevasi danau dapat dilihat pada Gambar 3.1.

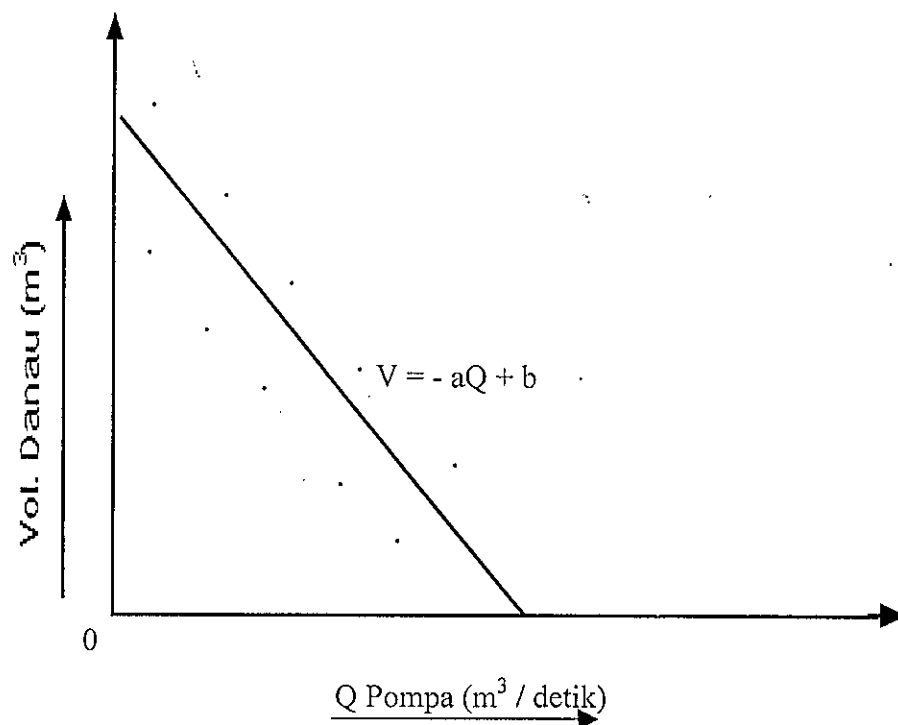


**GAMBAR 3.1. HUBUNGAN LUAS MUKA AIR, VOLUME DANAU  
VS ELEVASI**

### 3.3.2.2. VOLUME DANAU DAN KAPASITAS POMPA

Dari hasil perhitungan *Flood Routing*, didapat beberapa volume tampungan maximum danau, sesuai dengan kapasitas pompanya.

Maka, dapat dibuat grafik yang menggambarkan hubungan antara volume danau dengan kapasitas pompa, seperti dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**GAMBAR 3.2. HUBUNGAN VOLUME DANAU  
DENGAN KAPASITAS POMPA**

### 3.3.2.3. KAPASITAS POMPA

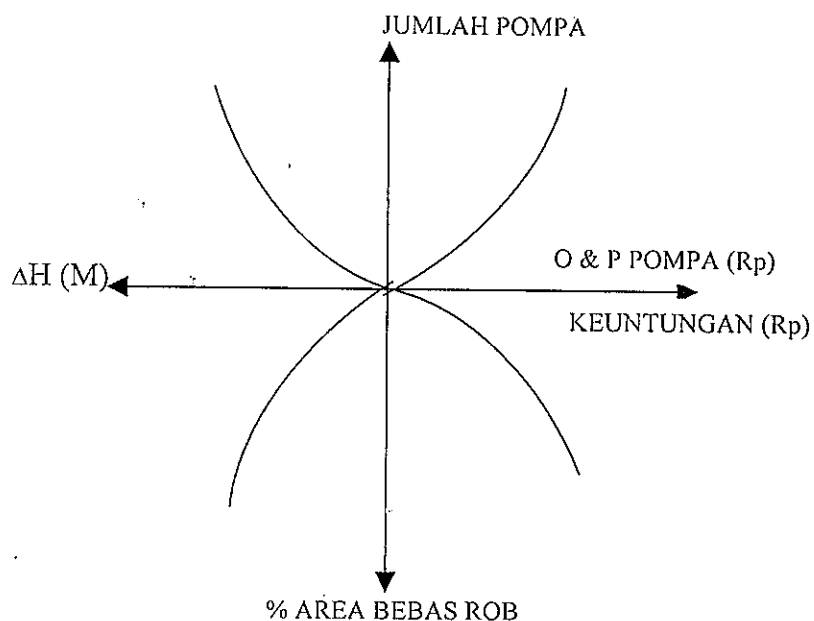
Kapasitas pompa ini, harus sedemikian sehingga mampu memberikan volume danau yang mempunyai elevasi muka air 0,1 meter; 0,2 meter; 0,3 meter dan seterusnya sampai mencapai 1,35 meter dibawah Air Tinggi (HWL) yaitu sesuai konsep Dam Lepas Pantai.

Dari Gambar 3.2 dapat diketahui kapasitas total pompa. Selanjutnya, kita dapat menentukan jumlah pompa yang diperlukan.

Kemudian dari hasil analisis diatas, kita akan dapat menarik kesimpulan mengenai efektivitas Dam Lepas Pantai diperairan Semarang dalam rangka menanggulangi banjir air laut pasang / Rob.

### 3.4. HUBUNGAN JUMLAH POMPA, O & P POMPA, $\Delta H$ , KEUNTUNGAN, DAN PROSENTASE AREA BEBAS ROB

Hubungan Jumlah Pompa, O & P Pompa,  $\Delta H$ , Keuntungan, dan % Area Bebas Rob dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**GAMBAR 3.3. HUBUNGAN JUMLAH POMPA O & P POMPA,  $\Delta H$ , KEUNTUNGAN, DAN % AREA BEBAS ROB**

Sehingga dari grafik ini kita mudah mengetahui hubungan antara pengurangan elevasi muka air danau ( $\Delta H$ ), dengan jumlah pompa yang dibutuhkan, harga pompa serta Operasi dan Pemeliharaan.

### 3.5. BATASAN STUDI

Dalam studi Kajian Efisiensi Operasional Dam Lepas Pantai di Perairan Semarang, diambil batasan studi sebagai berikut :

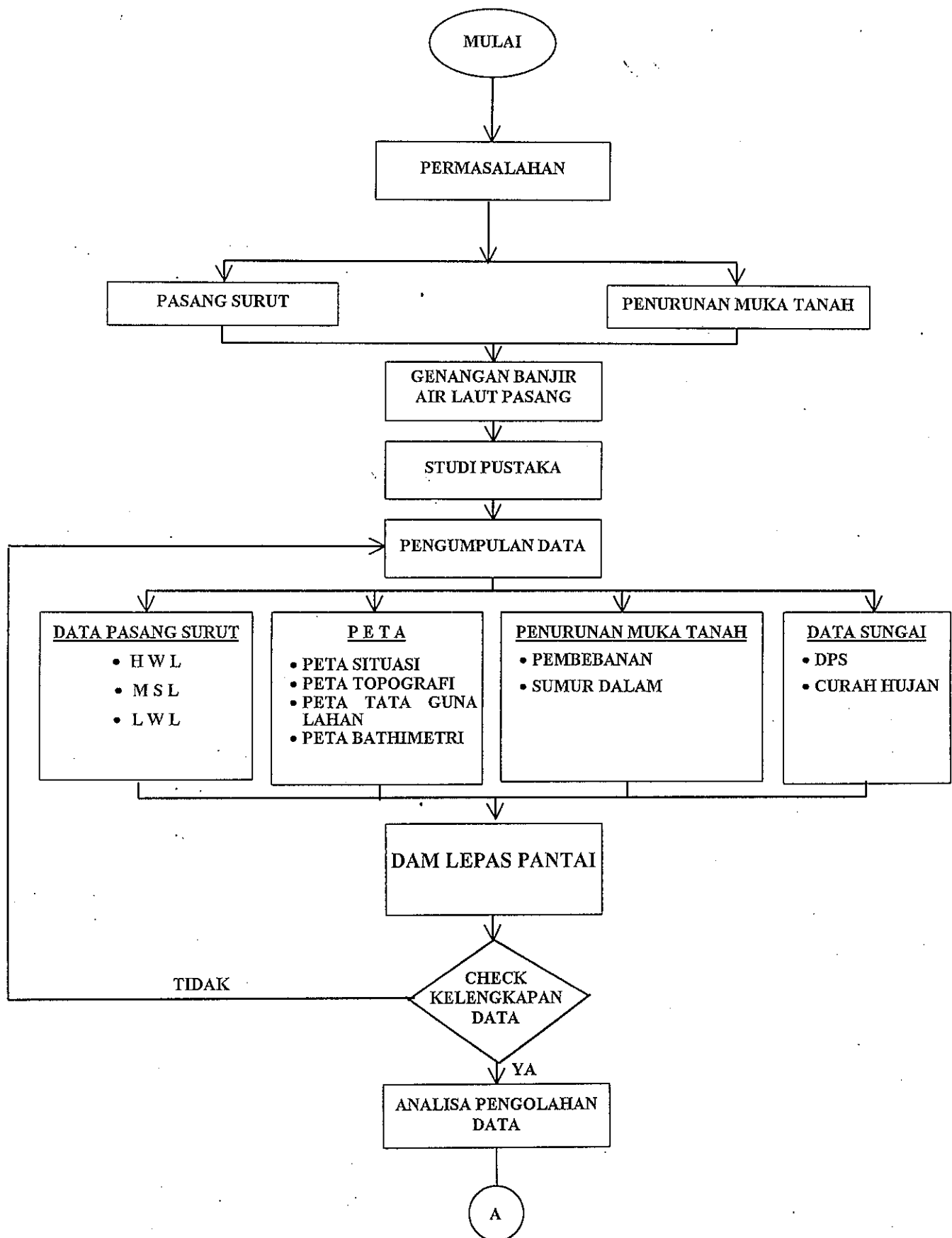
1. Semua fasilitas seperti Pelabuhan Tanjung Emas dan lainnya nantinya akan berada di luar danau.
2. Sedimentasi dari sungai-sungai yang masuk ke dalam danau tidak ditinjau.

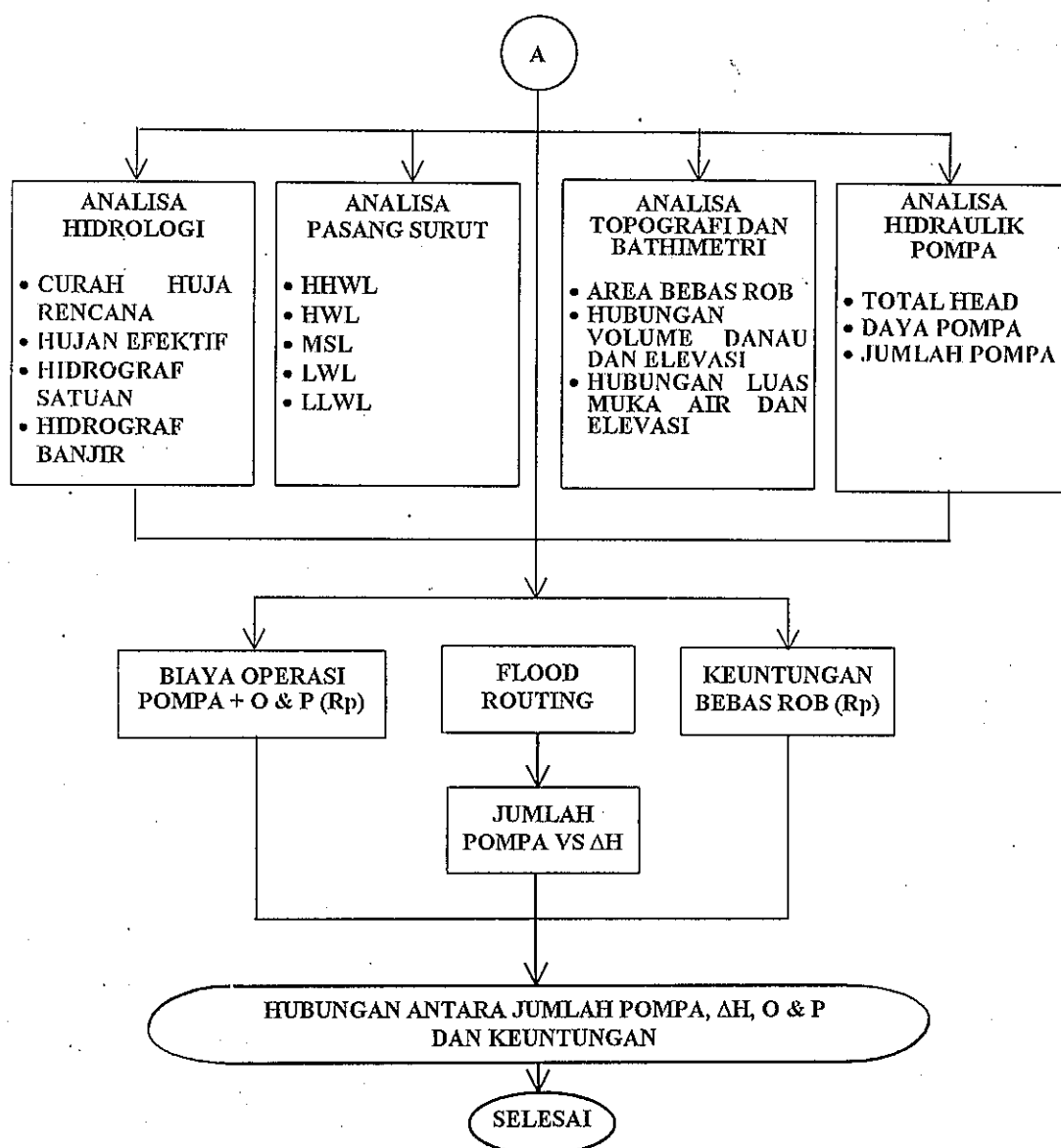
3. Karena elevasi muka air di danau diturunkan sedemikian sehingga sama dengan elevasi air rendah terendah (*LLWL*) yaitu  $-0,90$  M TTG, maka pasang surut air laut tidak diperhitungkan.
4. Untuk semua sungai digunakan data curah hujan dari pengamatan curah hujan otomatis dari Badan Meteorologi dan Geofisika Semarang.
5. Untuk elevasi muka tanah berdasarkan peta topografi dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang, jadi prediksi penurunan muka tanah tidak ditinjau.

### 3.6. BAGAN ALIR

Bagan alir ini sangat diperlukan sebagai langkah awal dalam menyusun tesis, karena dengan adanya Bagan Alir ini, kita dapat mengetahui langkah-langkah kegiatan yang harus dilaksanakan sesuai dengan urutannya.

Adapun Bagan Alir Kajian Efisiensi Dam Lepas Pantai di Perairan Semarang untuk menanggulangi banjir air laut pasang, dapat dilihat pada Gambar 3.4.





GAMBAR 3.4

BAGAN ALIR KAJIAN EFISIENSI OPERASIONAL  
DAM LEPAS PANTAI DI PERAIRAN SEMARANG



## **BAB IV**

### **KAJIAN EFISIENSI OPERASIONAL DAM LEPAS PANTAI DI PERAIRAN SEMARANG**

#### **4.1. UMUM**

Pada waktu turun hujan deras, terjadi banjir pada daerah rendah dan daerah pantai. Genangan banjir tersebut bertambah besar dan sulit surutnya jika bersamaan dengan air laut pasang, karena untuk mengalir ke laut air banjir tersebut terhalang oleh air laut pasang.

Dengan dibangunnya Dam Lepas Pantai, maka air laut tidak bisa masuk kedaratan, karena elevasi air di danau dapat diatur dengan sistim pompa sedemikian, sehingga tidak terjadi banjir air laut pasang/Rob.

Dengan tidak adanya pengaruh air laut pasang yang masuk kedaratan, maka genangan banjir akibat hujan dapat lebih lancar mengalir ke danau, dan selanjutnya dibuang kelaut dengan sistim pompa.

Dalam kajian efektivitas Dam Lepas Pantai di perairan Semarang untuk menanggulangi banjir air laut pasang, maka permasalahannya dibatasi yaitu, sejauh mana berkurangnya genangan air laut pasang setelah ada Dam Lepas Pantai yang dibandingkan dengan operasi Dam Lepas Pantai itu sendiri.

#### **4.2. ANALISA HIDROLOGI**

##### **4.2.1. DATA CURAH HUJAN**

Dalam perhitungan analisis hidrologi, kita memerlukan data curah hujan jangka pendek yang didapatkan dari pengamatan curah hujan otomatis, seperti dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**TABEL 4.1. DATA CURAH HUJAN MENITAN  
(PENAKAR HUJAN OTOMATIS)**

No	Tahun	5'	CURAH HUJAN (mm)									
			10'	15'	30'	45'	60'	120'	180'	360'	720'	1 hari
1	1976	17	20	32	43	59	75	107	107	135	183	206
2	1978	17	25	36	60	72	85	98	102	115	115	115
3	1979	15	24	29	37	50	56	99	114	126	126	126
4	1980	14	28	62	82	82	91	175	185	192	192	192
5	1981	20	40	50	65	70	80	113	120	204	228	253
6	1982	10	10	16	47	58	69	80	103	131	131	157
7	1983	18	36	54	73	83	93	93	96	96	96	96
8	1984	16	27	35	47	61	67	79	83	85	81	91
9	1985	15	25	35	55	71	96	149	149	149	247	253
10	1986	31	46	62	72	86	100	105	123	129	130	130
11	1987	27	32	37	60	85	88	93	93	96	138	138
12	1988	15	26	36	51	71	81	102	102	117	174	174
13	1989	16	26	30	44	55	80	100	100	108	142	142
14	1990	10	20	30	50	57	58	66	70	82	100	115
15	1991	10	20	30	40	48	49	70	71	125	132	132
16	1992	16	21	30	55	75	80	88	94	98	99	99
17	1993	22	30	40	75	84	92	108	110	130	182	238
18	1994	20	30	36	55	56	68	79	79	86	90	90
19	1995	15	22	35	60	67	79	100	100	100	100	124
20	1996	25	37	41	66	85	110	114	116	117	117	117

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Semarang

#### 4.2.2. CURAH HUJAN RENCANA

Ada beberapa metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana, yang dalam hal ini curah hujan maksimum tahunan.

- Metode Normal
- Metode Gumbel
- Metode *Log Pearson III*

Untuk menentukan distribusi yang paling tepat dalam menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu, maka perlu diperhatikan parameter dari ketiga metode tersebut, seperti dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**TABEL 4.2. KRITERIA METODE NORMAL,  
GUMBEL DAN LOG PEARSON III**

Distribusi		
Normal	Gumbel	Log Pearson III
Koefisien <i>skewness</i> : $g \approx 0$	Koefisien <i>skewness</i> : $g \approx 1,14$	Jika tidak menunjukkan sifat seperti pada Distribusi Metode Normal atau Gumbel
Koefisien Kurtosis : $\gamma \approx 3$	Koefisien Kurtosis : $\gamma \approx 5,4$	

Sumber : Hidrologi Teknik, Soemarto

Sebelum menentukan jenis distribusi yang akan digunakan, maka terlebih dahulu dicari nilai standar deviasi ( $S_x$ ), dan koefisien *Skewness* dari data curah hujan satu hari, seperti dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**TABEL 4.3. PERHITUNGAN  $\bar{X}$ ,  $S_x$  DAN  $g$**

No	Tahun	$X_i$ (mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$
1	1976	206	56,6	3.203,5600	181.321,496
2	1978	115	-34,4	1.183,3600	-40.707,584
3	1979	126	-23,4	547,5600	-12.812,904
4	1980	192	42,6	1.814,7600	77.308,776
5	1981	253	103,6	10.732,9600	1.111.934,656
6	1982	157	7,6	57,7600	438,976
7	1983	96	-53,4	2.851,5600	-152.273,304
8	1984	91	-58,4	3.410,5600	-199.176,704
9	1985	253	103,6	10.732,9600	1.111.934,656
10	1986	130	-19,4	376,3600	-7.301,384
11	1987	138	-11,4	129,9600	-1.481,544
12	1988	174	24,6	605,1600	14.886,936
13	1989	142	-7,4	54,7600	-405,224
14	1990	115	-34,4	1.183,3600	-40.707,584
15	1991	132	-17,4	302,7600	-5.268,024
16	1992	99	-50,4	2.540,1600	-128.024,064
17	1993	238	88,6	7.849,9600	695.506,456
18	1994	90	-59,4	3.528,3600	-209.584,584
19	1995	124	-25,4	645,1600	-16.387,064
20	1996	117	-32,4	1.049,7600	-34.012,224
TOTAL		2988	79	37.187,4000	2.345.189,76
RATA-RATA ( $\bar{X}$ )		149,4000			
STANDARD DEVIASI ( $S_x$ )		44,2406			

- Standar deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{37187,4}{(20-1)}} = 44,2406$$

- Koefisien *Skewness*

$$g = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) S_x^3}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{20 (2345189,76)^3}{(20 - 1) (20 - 2) (44,2406)^3} \\
 &= 1,584
 \end{aligned}$$

Jadi,

- Dari perhitungan didapat nilai koefisien *Skewness* (g), yaitu 1,584. Nilai ini tidak memenuhi syarat untuk menggunakan distribusi Normal, karena distribusi Normal memiliki nilai  $g = 0$ .
- Nilai koefisien *Skewness* hasil perhitungan ini juga tidak memenuhi syarat untuk distribusi Gumbel, karena distribusi Gumbel memiliki nilai  $g = 1,14$
- Maka yang memenuhi adalah distribusi Log Pearson III.

#### 4.2.3. UJI KESELARASAN DISTRIBUSI DATA CURAH HUJAN

Setelah tipe distribusi yang akan digunakan telah ditentukan, maka distribusi ini harus diuji keselarasannya, maka untuk menentukan bahwa distribusi tersebut memiliki penyimpangan yang memenuhi syarat. Uji tersebut didasarkan pada perbedaan antara nilai pengamatan dengan nilai yang diharapkan pada *Plotting probability*. Uji keselarasan yang digunakan adalah Chi Kuadrat (*Chi Square Test*).

Adapun rumus yang digunakan adalah :

- Derajat kebebasan :

$$DK = (K - (P + 1))$$

Dimana :

DK = Derajat kebebasan

K = Jumlah kelas

P = Banyaknya keterikatan (Distribusi Pearson  $P = 1$ )  
 ("Hidrologi", Soewarno, 1995)

- Jumlah kelas :

$$\begin{aligned}
 K &= 1 + 1,33 \ln n \\
 &= 1 + 1,33 \ln (20) \\
 &= 4,98 \text{ (diambil 5 kelas)}
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$DK = 5 - (1+1) = 3$$

Derajat kebebasan DK = 3 } Tabel Chi kuadrat, didapat  
 Level of significance  $\alpha = 2,5\%$  }  $X^2_{Cr} = 9,35$

- Dari rumus :

$$X^2 = \sum \frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$$

Dimana :

$X^2$  = Harga Chi Kuadrat

Ef = Frekwensi banyaknya pengamatan yang diharapkan, sesuai dengan pembagian kelasnya

Of = Frekwensi yang terbaca pada kelas yang sama.

Ef =  $n / K = 20 / 5 = 3,33$

$\Delta x = (X_{Max} - X_{Min}) / (K-1)$   
 $= (253 - 90) / (5-1)$   
 $= 40,75$

$X_{awal} = X_{Min} - 0,5 \Delta x$   
 $= 90 - 0,50 \times 40,75$   
 $= 69,625$

Kemudian data curah hujan kita rangking dari kecil ke besar seperti dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**TABEL 4.4. RANGKING CURAH HUJAN 1 HARI**

No	Curah hujan (mm)
1.	90
2.	91
3.	96
4.	99
5.	115
6.	115
7.	117
8.	124
9.	126
10.	130
11.	132
12.	138
13.	142
14.	157
15.	174
16.	192
17.	206
18.	230
19.	253
20.	253

Tabel 4.5. menunjukkan perhitungan Chi Kuadrat

**TABEL 4.5. PERHITUNGAN CHI KUADRAT**

Kemungkinan	Ef	Of	(Ef-Of)	(Ef-Of) <sup>2</sup> / Ef
69,625 < P ≤ 110,375	4	4	0	0
110,375 < P ≤ 151,125	4	9	-5	6,25
151,125 < P ≤ 191,875	4	2	2	1
191,875 < P ≤ 232,625	4	2	2	1
232,625 < P ≤ 273,375	4	3	1	0,25
Jumlah		20		8,50

Jadi :

$X^2$  hitungan = 8,50 <  $X^2$  Cr tabel = 9,35

Maka distribusi Log Pearson III memenuhi syarat.

Selanjutnya perhitungan curah hujan rencana berdasarkan distribusi Log Pearson III yang dapat dilihat pada Lampiran G.

Dan Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan maksimum metode Log Pearson III untuk periode ulang 25 tahun dan 1 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**TABEL 4.6. REKAPITULASI CURAH HUJAN MAKSIMUM  
METODE LOG PEARSON III**

Periode Ulang	5	10	15	20	45	60	120	180	360	720	1
T Tahun	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit	Hari
1	8,2985	10,8993	16,4021	33,0141	42,0726	66,1150	64,9531	67,0656	75,4745	59,6897	74,1832
25	28,7872	31,8713	58,9250	81,4141	92,5124	103,3163	154,3121	160,7311	190,2391	227,5621	266,2244

#### 4.2.4. HIDROGRAF SATUAN SINTETIK SNYDER

Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder / *Unit Hydrograph Sintetik Snyder* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Rumus :

$$Y = 10^{-\left\{ \frac{a(1-X)^2}{X} \right\}}$$

$$a = 1.32 \lambda^2 + 0.15 \lambda + 0.045$$

$$\lambda = \frac{Q_p \cdot T_p}{W}$$

dimana :

$Q_p$  = debit rencana maksimum

$W$  =  $\gamma_{air} \cdot h \cdot A$

- $h$  = tinggi hujan (1 mm)  
 $A$  = luas daerah pelayanan  
 $\gamma_{\text{air}}$  = 1  
 $T_p$  = waktu yang diperlukan antara permulaan hujan hingga mencapai puncak hidrograf

Jika  $t_c > t_r$

$$T_p = t'_p + 0.5 t_r \quad (t_r = 1 \text{ jam})$$

$$t'_p = t_p + 0.25 (t_r - t_c)$$

$$t_c = t_p / 5.5$$

$$C_t = \text{koefisien antara } 1.35 - 1.65 \text{ diambil} = 1.5$$

$$L_c = \text{jarak antara centeroid dengan mulut aliran}$$

Jika  $t_c < t_r$

$$T_p = t_p + 0.5 t_r$$

Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder dapat dilihat pada Lampiran H.

Selanjutnya perhitungan Hidrograf Satuan dihitung dengan menggunakan rumus Alexeejev, sebagai berikut :

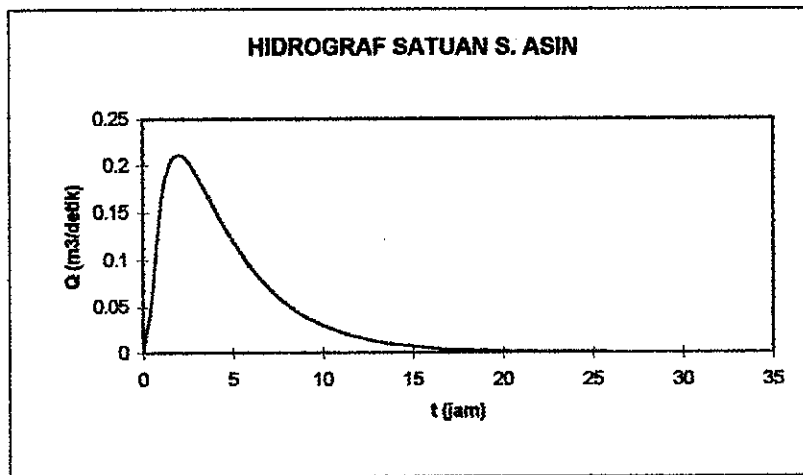
Ordinat Unit hidrograf untuk tiap setengah jam

$$x = t : T_p$$

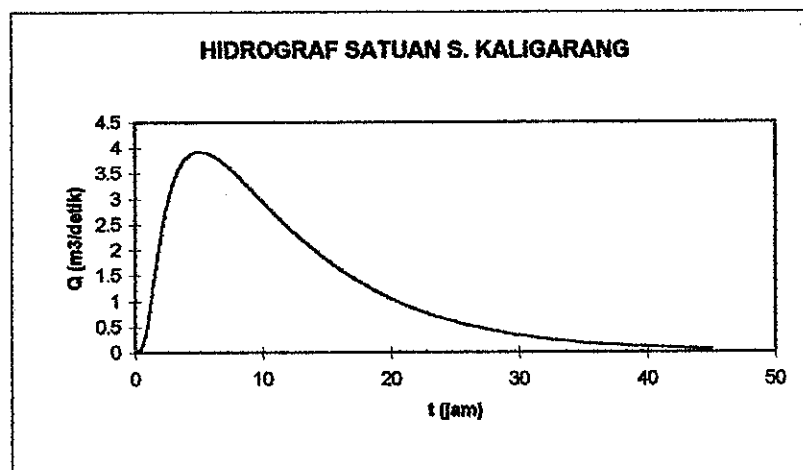
$$y = 10^{-\left\{ \frac{a(1-x)^2}{x} \right\}}$$

Adapun perhitungan ordinat hidrograf satuan untuk masing-masing sungai dapat dilihat pada Lampiran I.

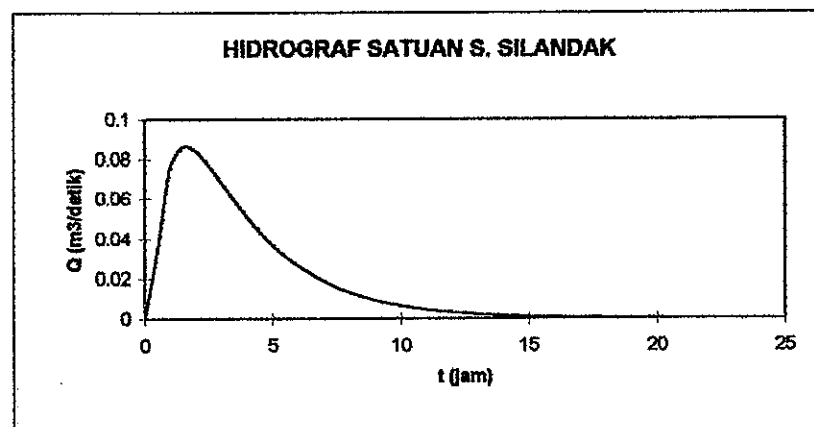
Dari hasil perhitungan ordinat hidrograf satuan tersebut, selanjutnya dapat dibuat hidrograf satuan dari masing-masing sungai, seperti dapat dilihat pada Gambar 4.1, s/d Gambar 4.17.



**GAMBAR 4.1. HIDROGRAF SATUAN S. ASIN**

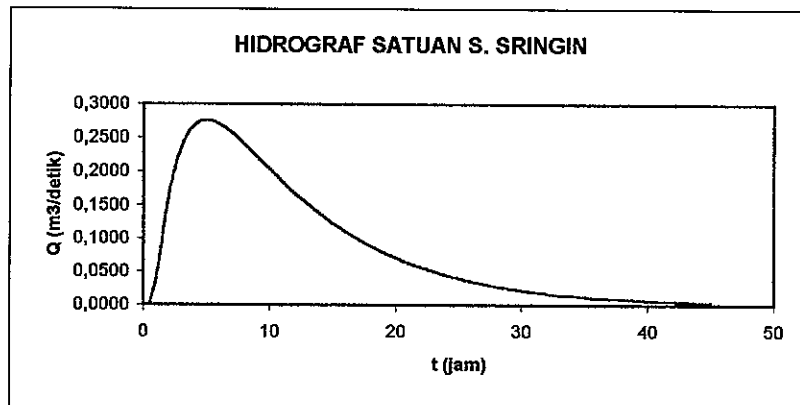


**GAMBAR 4.2. HIDROGRAF SATUAN S. KALIGARANG**

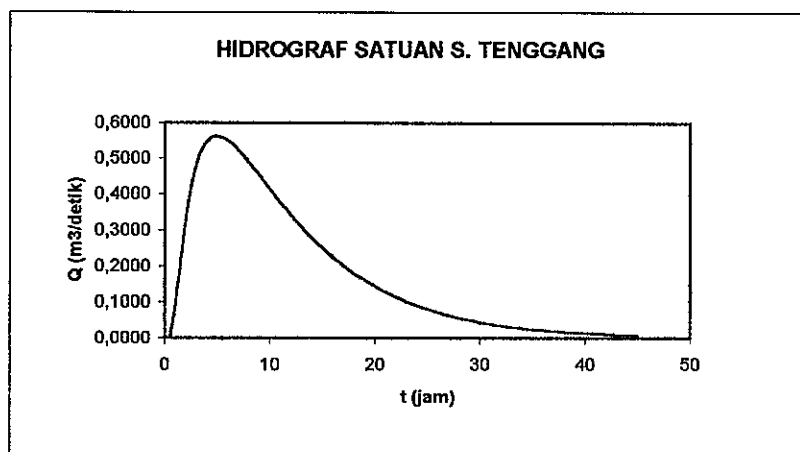


**GAMBAR 4.3. HIDROGRAF SATUAN S. SILANDAK**

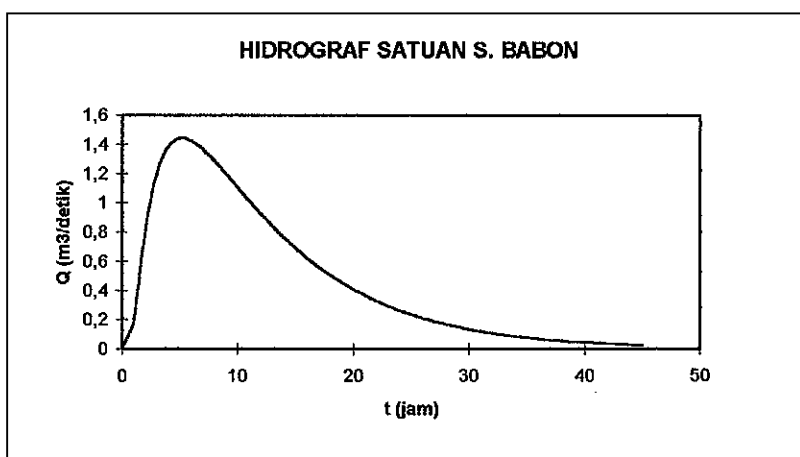




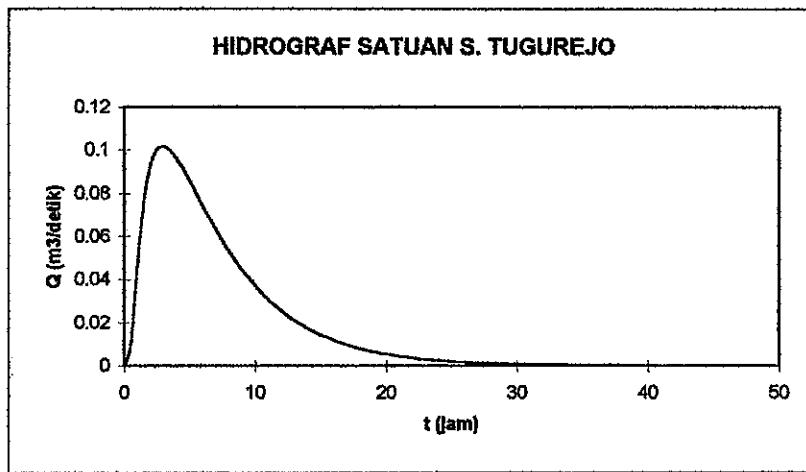
**GAMBAR 4.4. HIDROGRAF SATUAN S. SRINGIN**



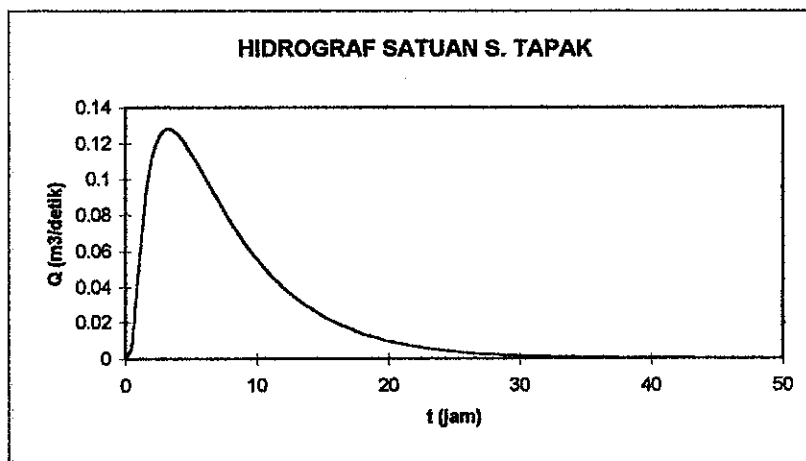
**GAMBAR 4.5. HIDROGRAF SATUAN S. TENGGANG**



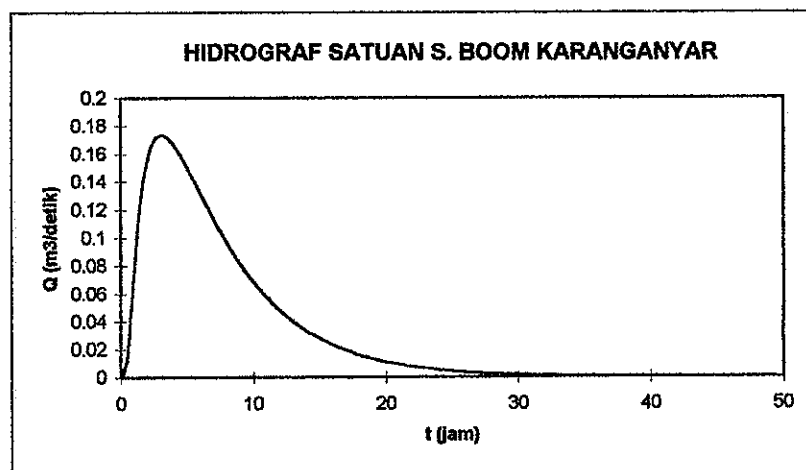
**GAMBAR 4.6. HIDROGRAF SATUAN S. BABON**



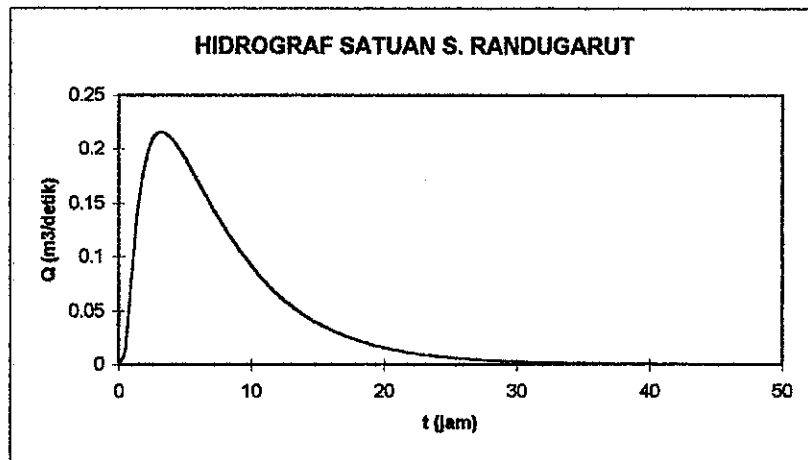
**GAMBAR 4.7. HIDROGRAF SATUAN S. TUGUREJO**



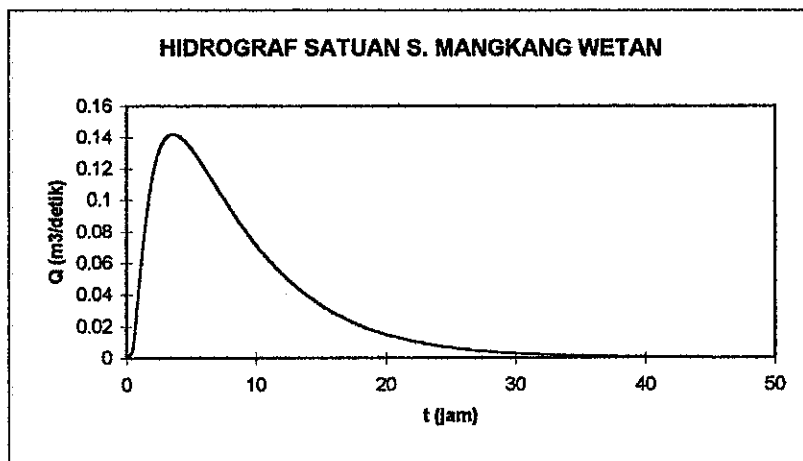
**GAMBAR 4.8. HIDROGRAF SATUAN S. TAPAK**



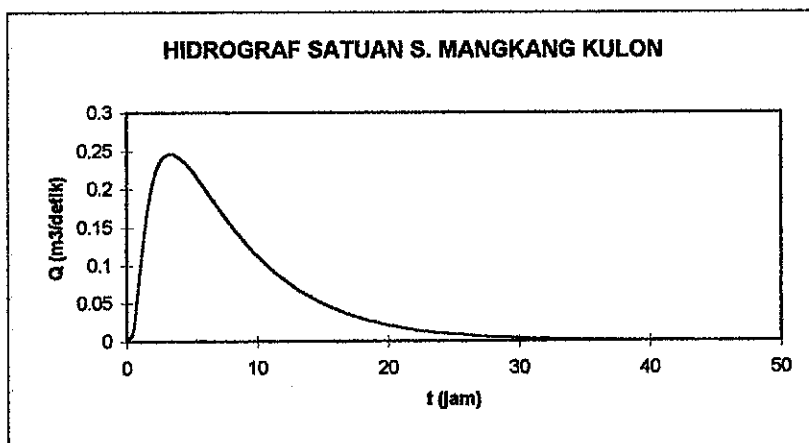
**GAMBAR 4.9. HIDROGRAF SATUAN S. BOOM KARANGANYAR**



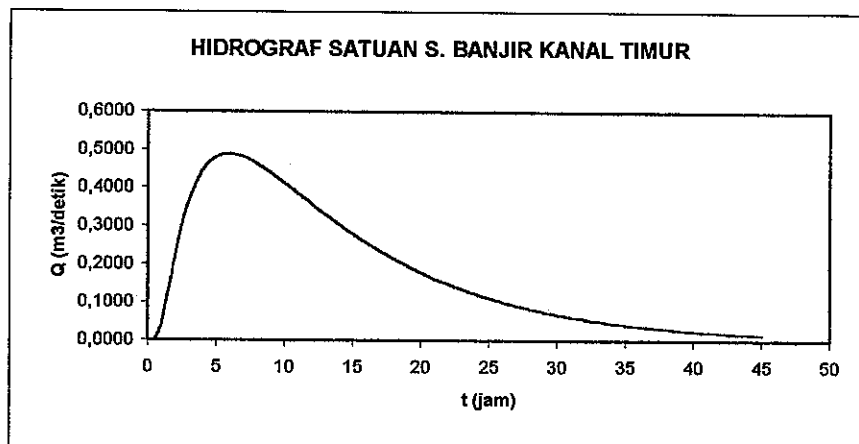
**GAMBAR 4.10. HIDROGRAF SATUAN S. RANDUGARUT**



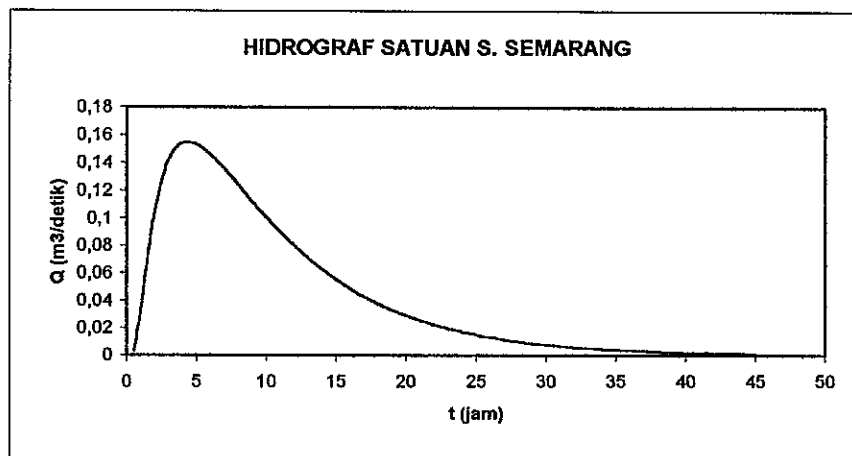
**GAMBAR 4.11. HIDROGRAF SATUAN S. MANGKANG WETAN**



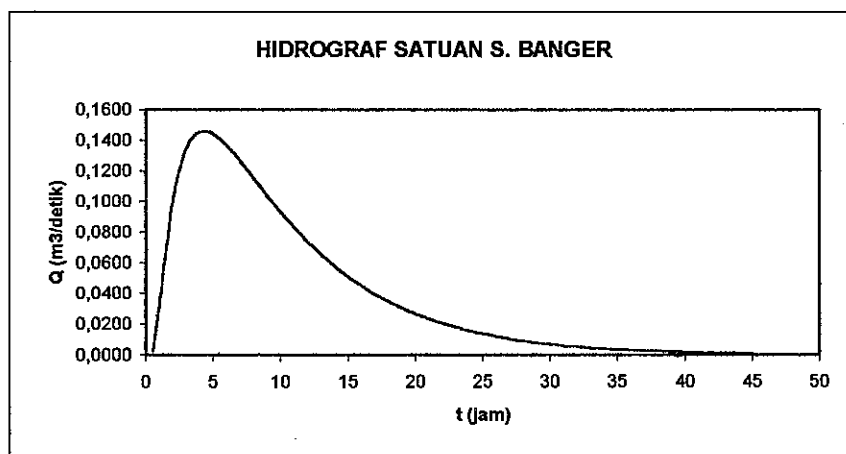
**GAMBAR 4.12. HIDROGRAF SATUAN S. MANGKANG KULON**



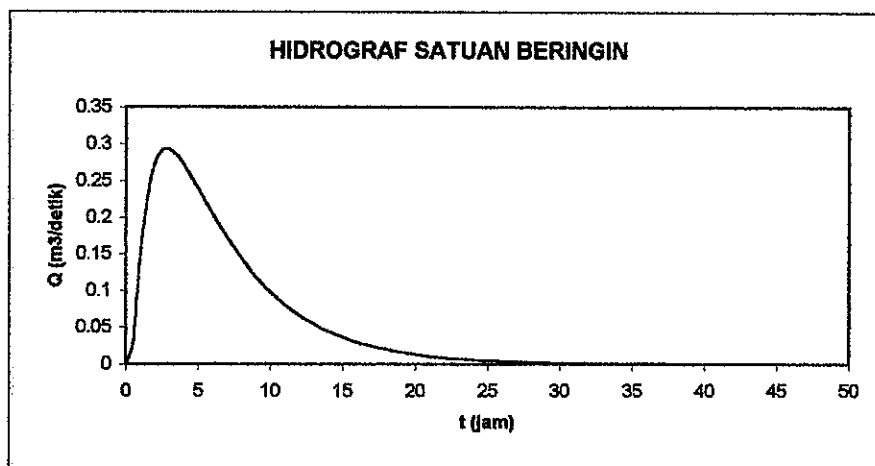
**GAMBAR 4.13. HIDROGRAF SATUAN S. BANJIR KANAL TIMUR**



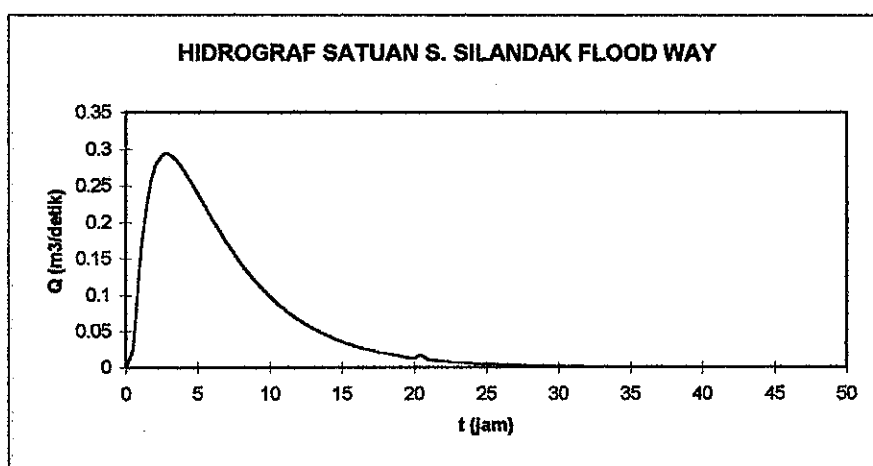
**GAMBAR 4.14. HIDROGRAF SATUAN S. SEMARANG**



**GAMBAR 4.15. HIDROGRAF SATUAN S. BANGER**



**GAMBAR 4.16. HIDROGRAF SATUAN S. BERINGIN**



**GAMBAR 4.17. HIDROGRAF SATUAN S. SILANDAK FLOOD WAY**

#### 4.2.5. PERHITUNGAN HUJAN EFEKTIF

Hujan efektif adalah besarnya curah hujan yang mengalir diatas tanah, setelah dikurangi infiltrasi. Perhitungan hujan efektif ini dipengaruhi oleh lamanya intensitas hujan dan juga infiltrasi karena selama hujan turun sebagian dari hujan meresap ke dalam tanah atau menguap sehingga tidak menjadi larian permukaan. Perhitungan air hujan yang hilang karena infiltrasi dapat digunakan rumus Horton.

Rumus Horton ini mengasumsikan bahwa kehilangan air hujan akan berupa lengkung eksponensial, sehingga makin besar jumlah hujan yang meresap akan mengakibatkan akan mengakibatkan tanah menjadi cepat jenuh akibatnya besar resapan akan berkurang dan akan mengikuti rumus sebagai berikut ;

Rumus Horton :

$$f_p = f_c + ((f_o - f_c) \cdot e^{-kt})$$

dimana :

$f_p$  = kapasitas infiltrasi pada waktu  $t$  (mm)

$f_o$  = kapasitas infiltrasi

$f_c$  = harga akhir infiltrasi (diambil 1,5 mm)

$k$  = konstanta (1)

$t$  = waktu hujan mulai

Curah hujan maksimum untuk periode ulang 25 tahun sebesar 266,2244 mm. Dan untuk pendistribusian curah hujan tiap jam dari curah hujan harian, digunakan tabel yang diperoleh dari Tanimoto berdasarkan penelitian BOEREMA yaitu dengan mengadakan perbandingan curah hujan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Pada jam pertama distribusi curah hujan} &= 90/230 \times 266,2244 \\ &= 104,1748 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pada jam kedua distribusi curah hujan} &= 31/230 \times 266,2244 \\ &= 35,8824 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dan seterusnya sampai dengan jam ke 19.

Adapun perhitungan hujan efektif dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**TABEL 4.7. PERHITUNGAN HUJAN EFEKTIF**  
**T = 25 TAHUN**

Jam ke-	Hujan 230 mm	I (mm)	Total losses (mm)	Hujan eff (mm)
1	2	3	4	5 = 3-4
1	90	104,1748	4,6273	99,5475
2	31	35,8824	2,6506	33,2318
3	20	23,1499	1,9233	21,2266
4	14	16,2050	1,6557	14,5492
5	11	12,7325	1,5573	11,1752
6	9	10,4175	1,5211	8,8964
7	8	9,2600	1,5078	7,7522
8	7	8,1025	1,5029	6,5996
9	5	5,7875	1,5010	4,2864
10	5	5,7875	1,5004	4,2871
11	4	4,6300	1,5001	3,1298
12	4	4,6300	1,5001	3,1299
13	4	4,6300	1,5000	3,1300
14	4	4,6300	1,5000	3,1300
15	3	3,4725	1,5000	1,9725
16	3	3,4725	1,5000	1,9725
17	3	3,4725	1,5000	1,9725
18	3	3,4725	1,5000	1,9725
19	2	2,3150	1,5000	0,8150

Curah hujan maksimum untuk periode ulang 1 tahun sebesar 74,1832 mm. Jadi pendistribusian tiap jam dari curah hujan harian adalah sebagai berikut :

Pada jam pertama distribusi curah hujan       $= 87/170 \times 74,1832$   
 $= 37,9643 \text{ mm}$

Pada jam kedua distribusi curah hujan       $= 28/170 \times 74,1832$   
 $= 12,2184 \text{ mm}$

Dan seterusnya sampai dengan jam ke 9.

Adapun perhitungan hujan efektif dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**TABEL 4.8. PERHITUNGAN HUJAN EFEKTIF**  
**T = 1 TAHUN**

Jam ke-	Hujan 170 mm	I (mm)	Total losses (mm)	Hujan eff (mm)
1	2	3	4	5 = 3-4
1	87	37,9643	4,6273	33,3370
2	28	12,2184	2,6506	9,5678
3	18	7,8547	1,9233	5,9314
4	11	4,8001	1,6557	3,1443
5	8	3,4910	1,5573	1,9337
6	6	2,6182	1,5211	1,0971
7	6	2,6182	1,5078	1,1105
8	4	1,7455	1,5029	0,2426
9	2	0,8727	1,5010	0

#### 4.2.6. PERHITUNGAN ALIRAN DASAR (*BASE FLOW*)

Besarnya aliran dasar (*Base Flow*) dapat dihitung sebagai fungsi luas Daerah Pengaliran Sungai dan kerapatan jaringan sungai yang dirumuskan sebagai berikut :

Aliran dasar :

$$BF = 0,4751 A^{0,6444} D^{0,9430}$$

Dimana :

BF = aliran dasar (m<sup>3</sup>/detik)

A = luas DPS (km<sup>2</sup>)

D = kerapatan jaringan sungai (km/km<sup>2</sup>)  
 panjang sungai semua tingkat

$$= \frac{\text{panjang sungai semua tingkat}}{\text{luas DPS}}$$

Adapun perhitungan aliran dasar untuk masing-masing sungai dapat dilihat pada Tabel 4.9.



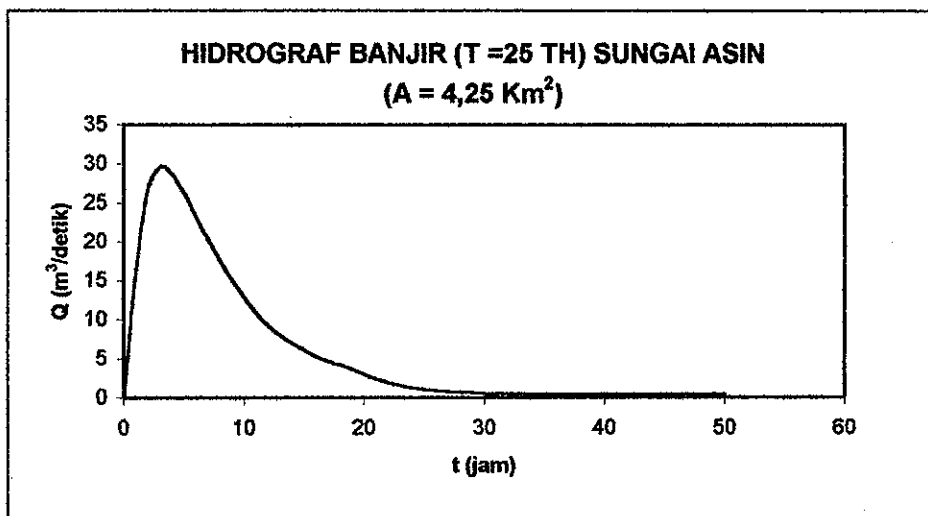
**TABEL 4.9. PERHITUNGAN ALIRAN DASAR**

NO	SUNGAI	DPS (KM <sup>2</sup> )	ΣL <sub>Sungai Semua tingkat</sub> (Km)	KERAPATAN D (Km / Km <sup>2</sup> )	ALIRAN DASAR (M <sup>3</sup> /dt)
1	Mangkang Kulon	5,23	4,15	0,7935	1,1093
2	Mangkang Wetan	4,48	4,60	1,0268	1,2803
3	Beringin	32,10	38,82	1,1964	5,3144
4	Randu Garut	7,12	3,80	0,5337	0,9310
5	Boom Karanganyar	5,50	3,50	0,6364	0,9307
6	Tapak	4,29	7,59	1,7695	2,0800
7	Tugurejo	3,08	3,20	1,0390	1,0169
8	Silandak Floodway	8,50	17,37	2,0435	3,7017
9	Silandak	4,34	7,20	1,6590	1,9717
10	Banjir Kanal Barat	204	139,26	0,6841	10,2029
11	Asin	4,25	1,30	0,3059	0,3950
12	Semarang	6,97	6,88	0,9871	1,6400
13	Banger	6,47	6,68	1,032	1,6309
14	Banjir Kanal Timur	29,70	32,93	1,1086	4,6564
15	Tenggang	28,70	22,04	0,7680	3,2223
16	Sringin	14,10	9,22	0,6539	1,7513
17	Babon	77,00	37,50	0,4870	3,961

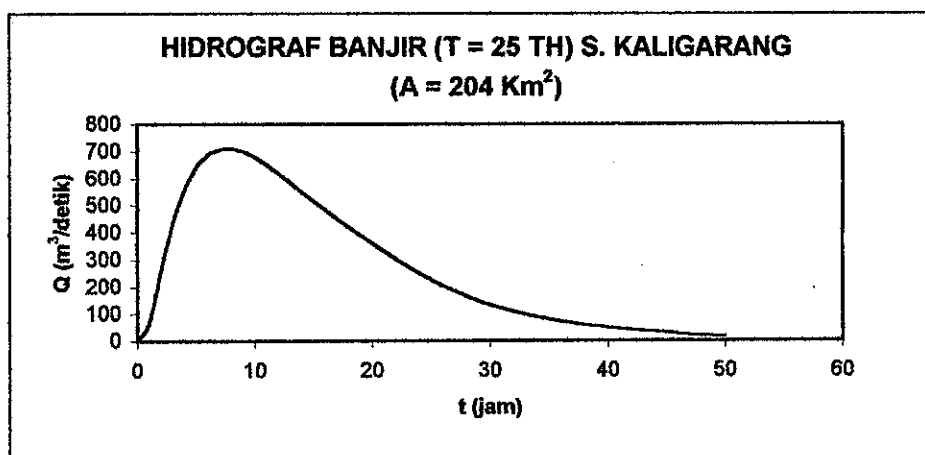
**4.2.7. PERHITUNGAN HIDROGRAF BANJIR**

Setelah diketahuinya kapasitas total losses tiap jam, ordinat hidrograf tiap jam, dan besarnya aliran dasar untuk masing-masing sungai, maka selanjutnya kita mengadakan perhitungan hidrograf banjir masing-masing sungai untuk periode ulang 25 tahun yang dapat dilihat pada Lampiran J dan periode ulang 1 tahun yang dapat dilihat pada Lampiran K.

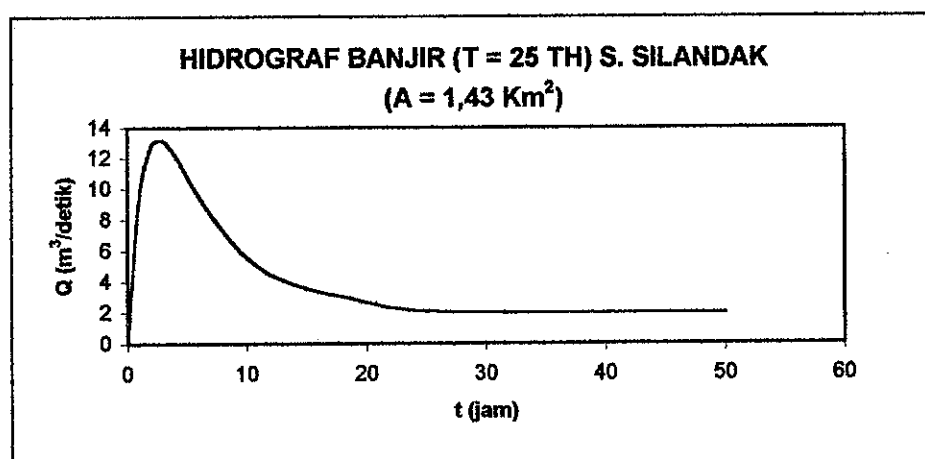
Kemudian dari hasil perhitungan hidrograf banjir diatas, dapat dibuat grafik daripada hidrograf banjirnya, yang dapat dilihat pada Gambar 4.18 sampai dengan Gambar 4.34 untuk periode ulang 25 tahun dan pada Gambar 4.35 sampai dengan Gambar 4.51 untuk periode ulang 1 tahun.



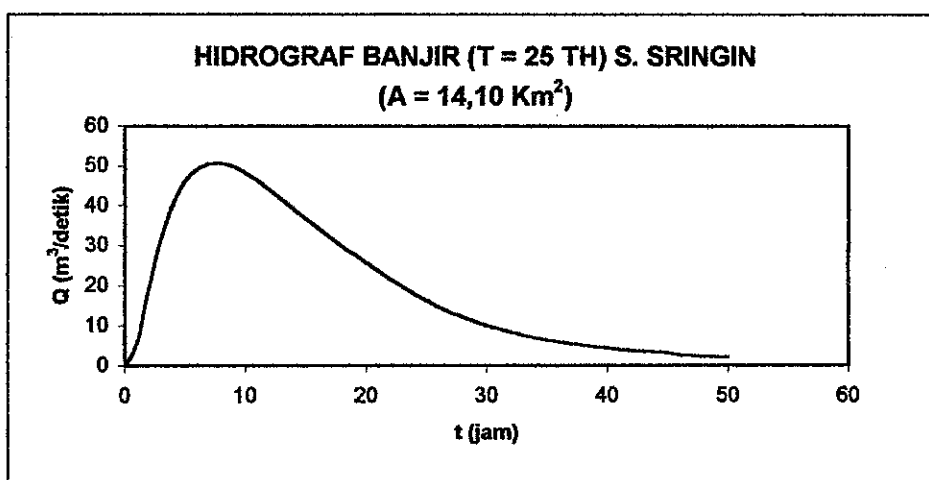
**GAMBAR 4.18. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. ASIN**



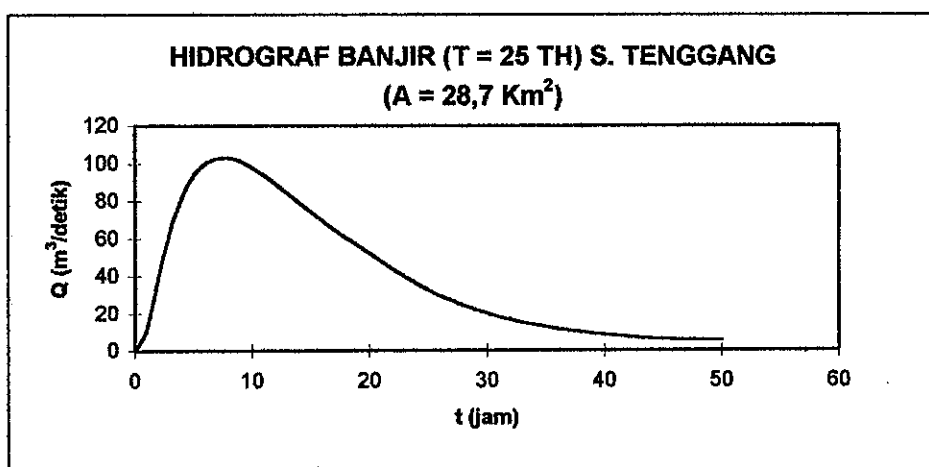
**GAMBAR 4.19. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. KALIGARANG**



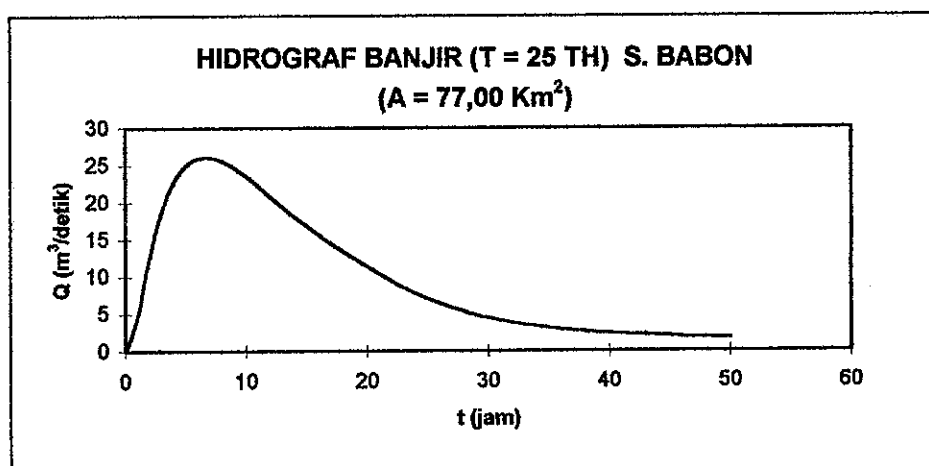
**GAMBAR 4.20. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. SILANDAK**



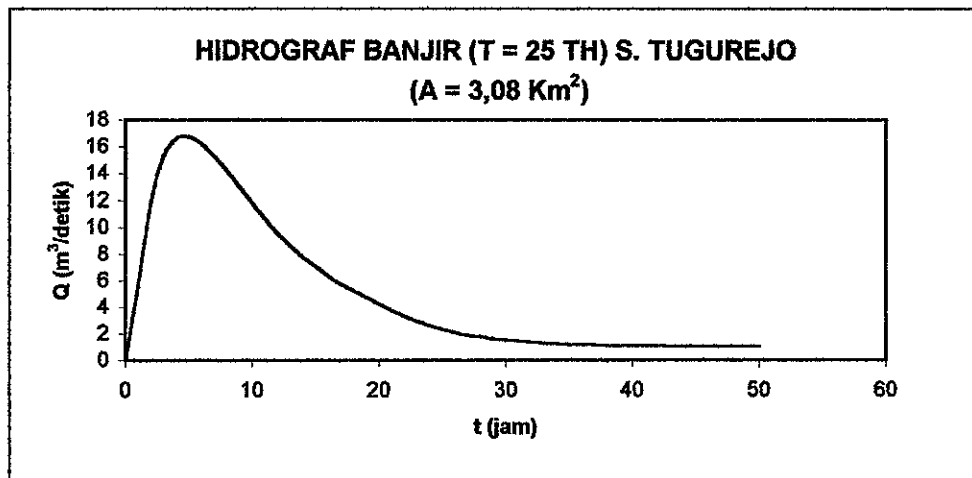
**GAMBAR 4.21. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. SRINGIN**



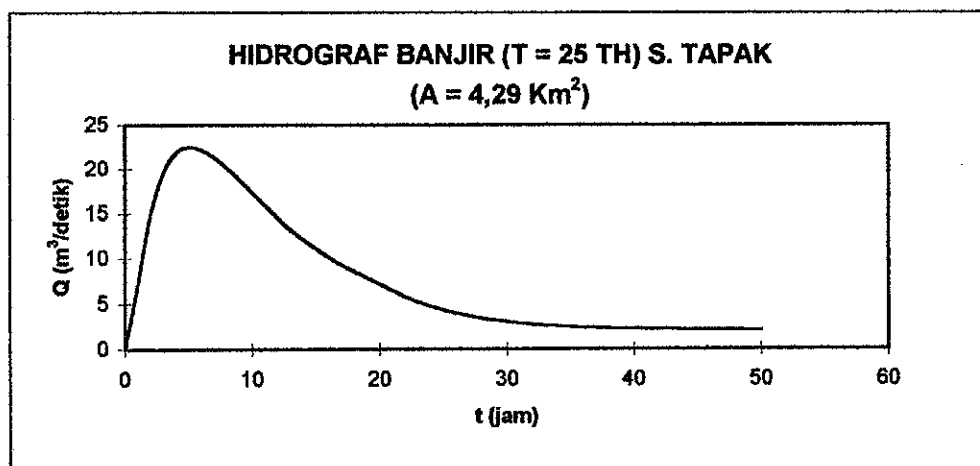
**GAMBAR 4.22. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. TENGGANG**



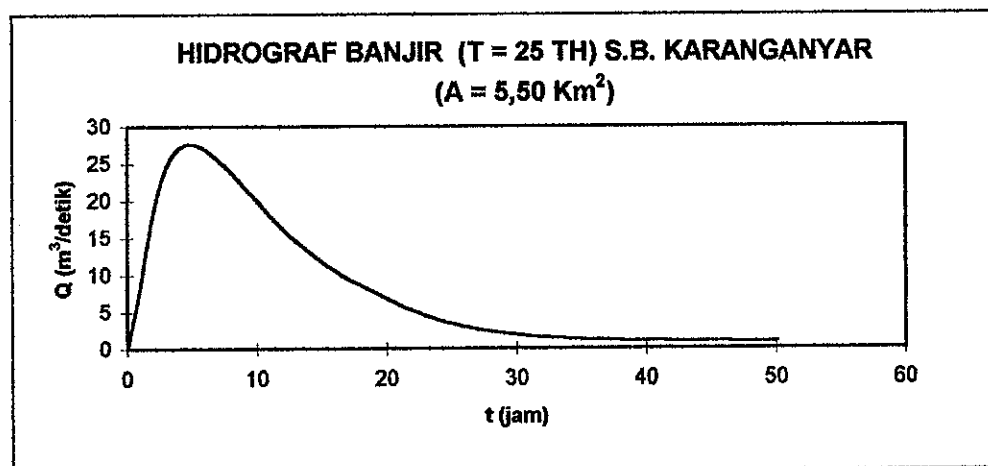
**GAMBAR 4.23. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BABON**



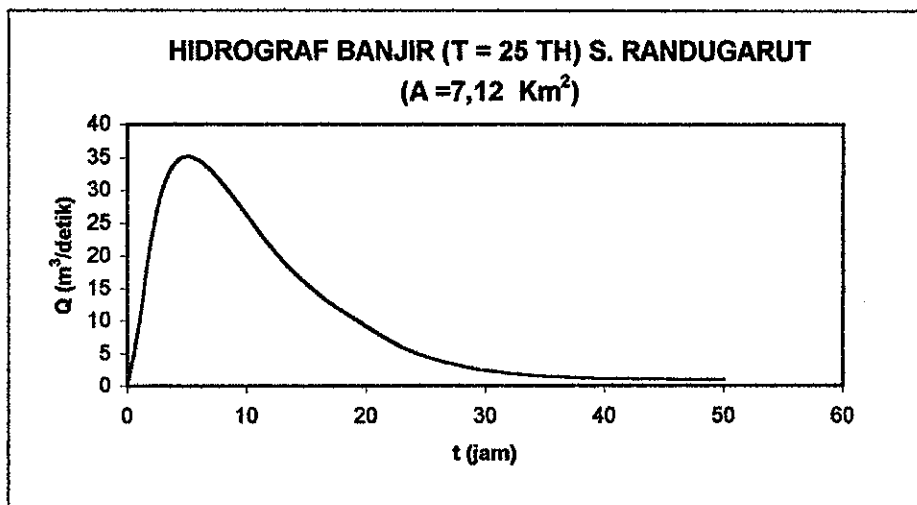
**GAMBAR 4.24. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. TUGUREJO**



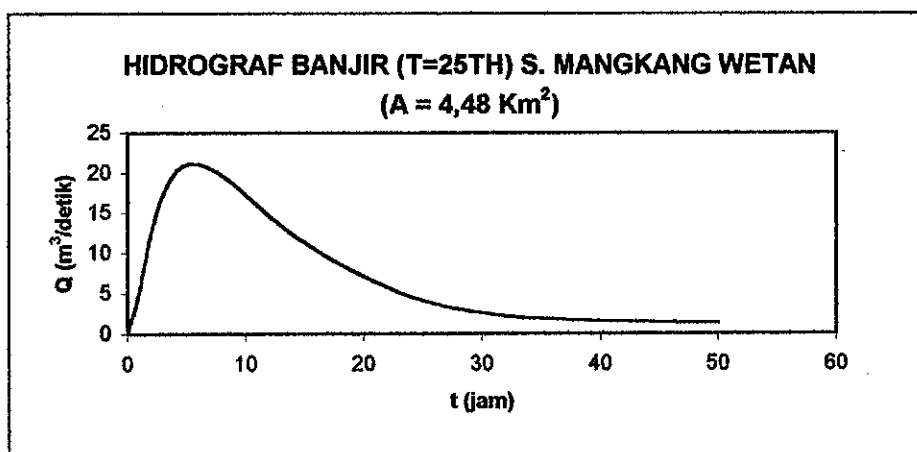
**GAMBAR 4.25. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) SUNGAI TAPAK**



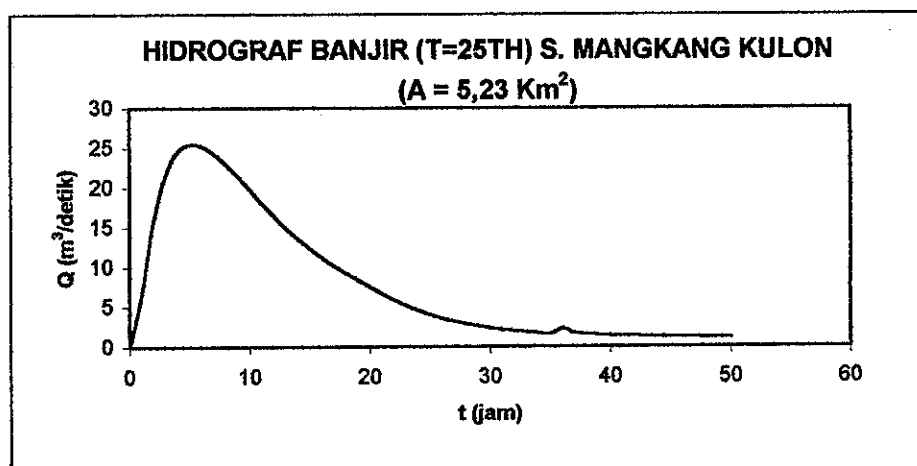
**GAMBAR 4.26. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BOOM KARANGANYAR**



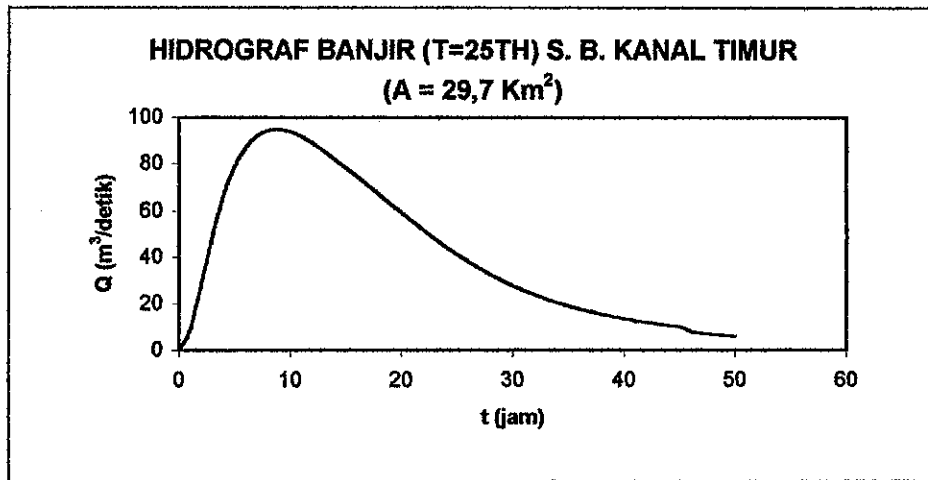
**GAMBAR 4.27. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. RANDUGARUT**



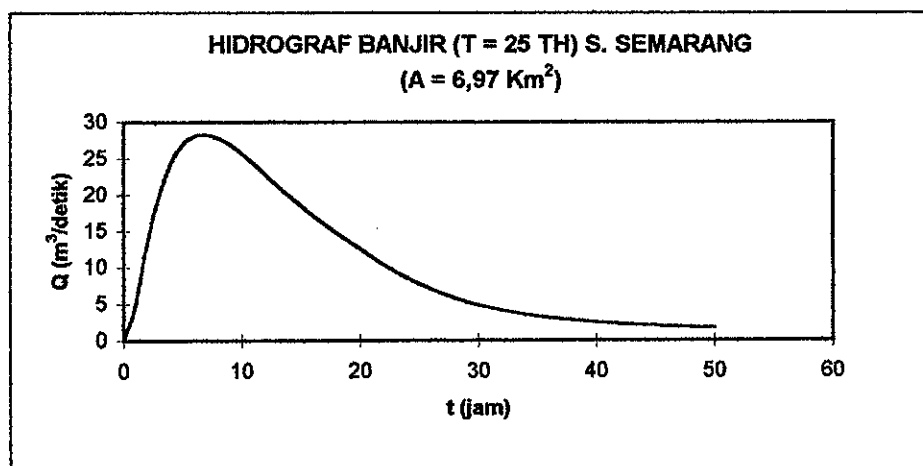
**GAMBAR 4.28. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. MANGKANG WETAN**



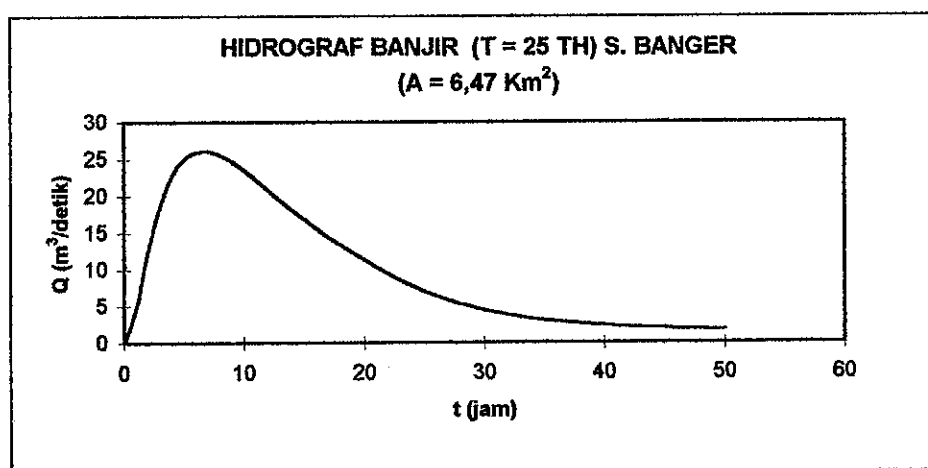
**GAMBAR 4.29. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. MANGKANG KULON**



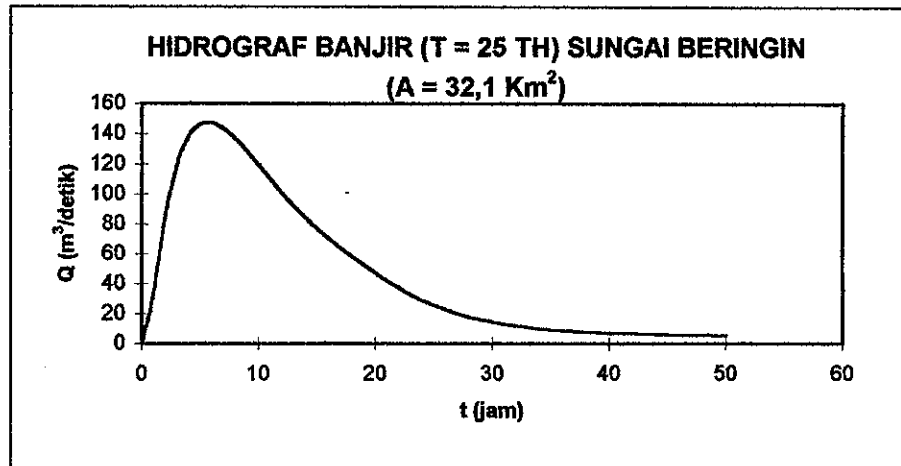
**GAMBAR 4.30. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BANJIR KANAL TIMUR**



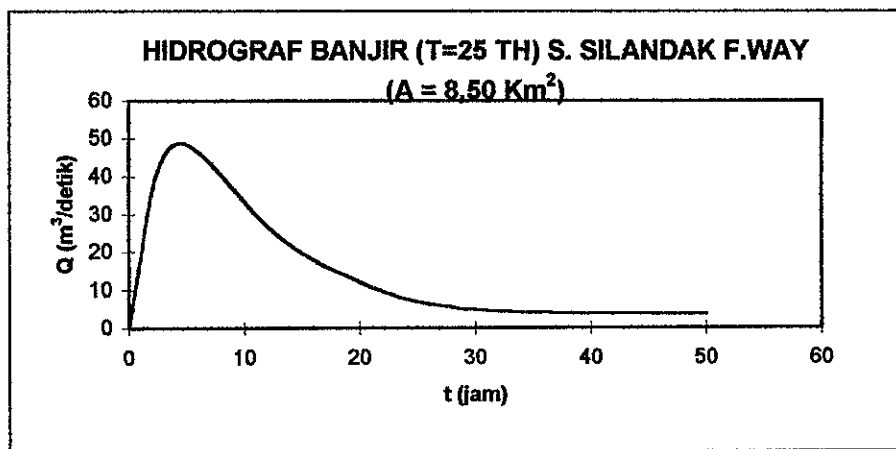
**GAMBAR 4.31. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. SEMARANG**



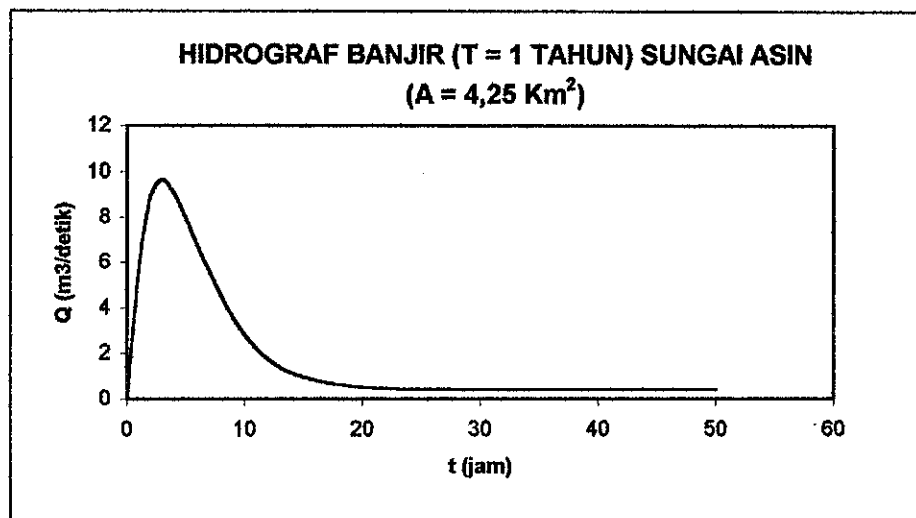
**GAMBAR 3.32. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BANGER**



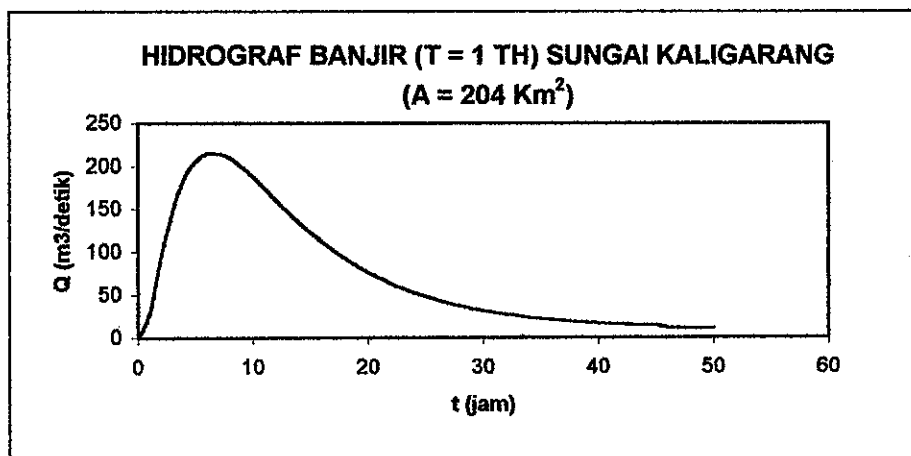
**GAMBAR 4.33. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. BERINGIN**



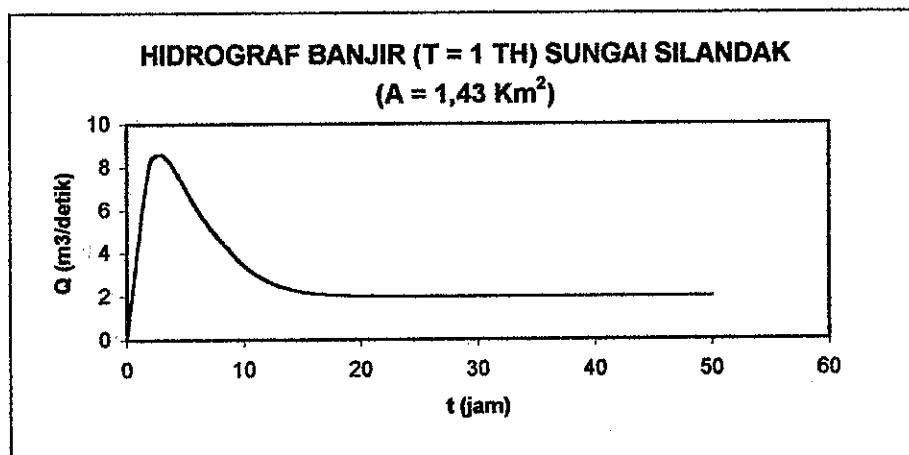
**GAMBAR 4.34. HIDROGRAF BANJIR (T = 25 TH) S. SILANDAK FLOOD WAY**



**GAMBAR 4.35. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI ASIN**

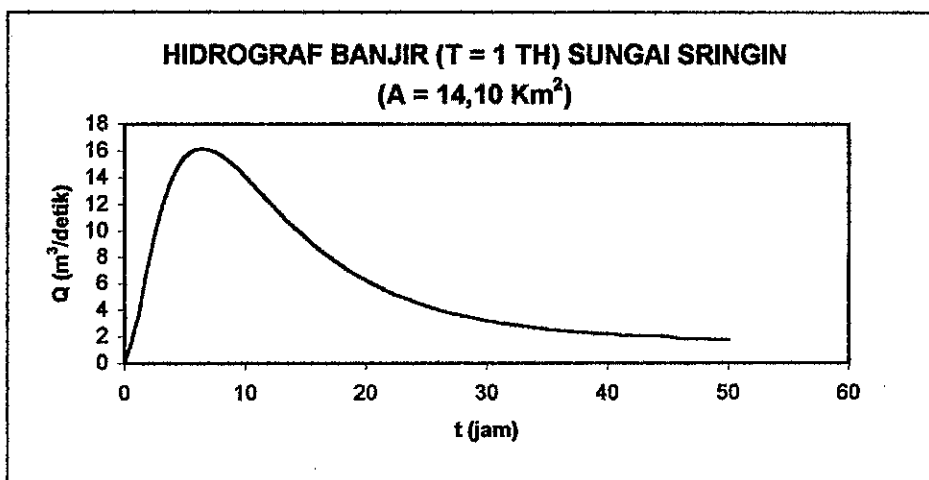


**GAMBAR 4.36. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI KALIGARANG**

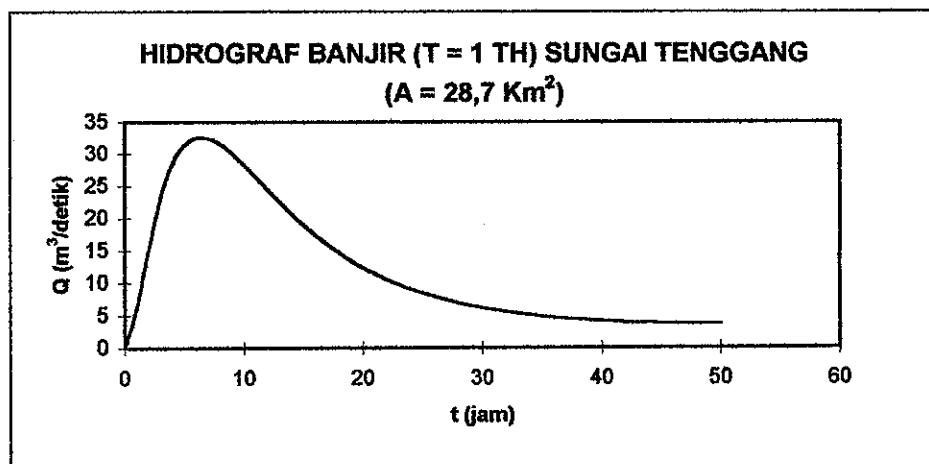


**GAMBAR 4.37. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI SILANDAK**

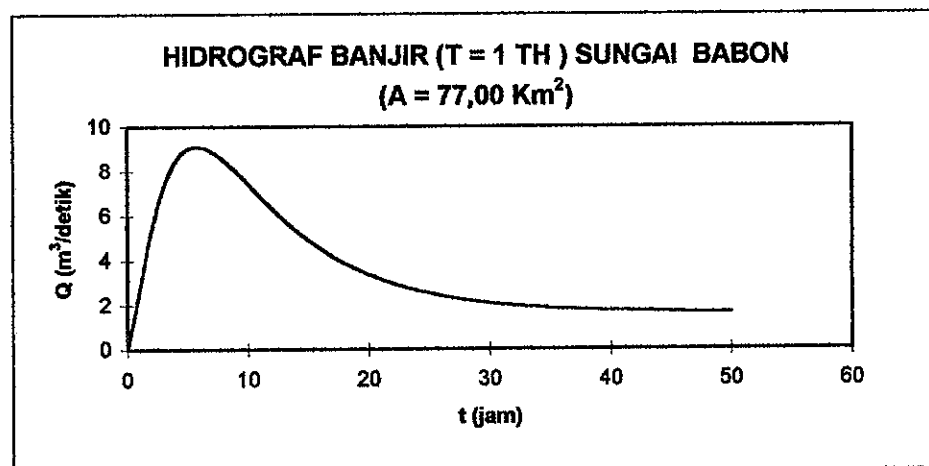




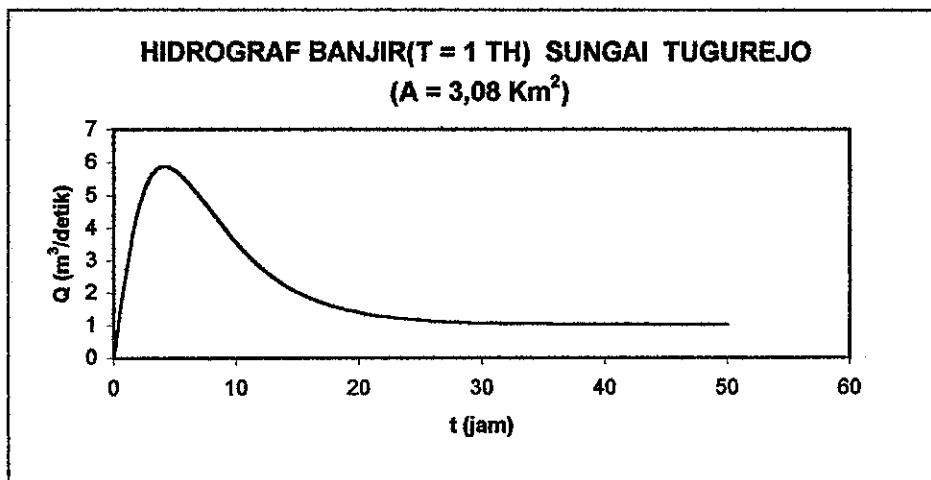
**GAMBAR 4.38. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI SRINGIN**



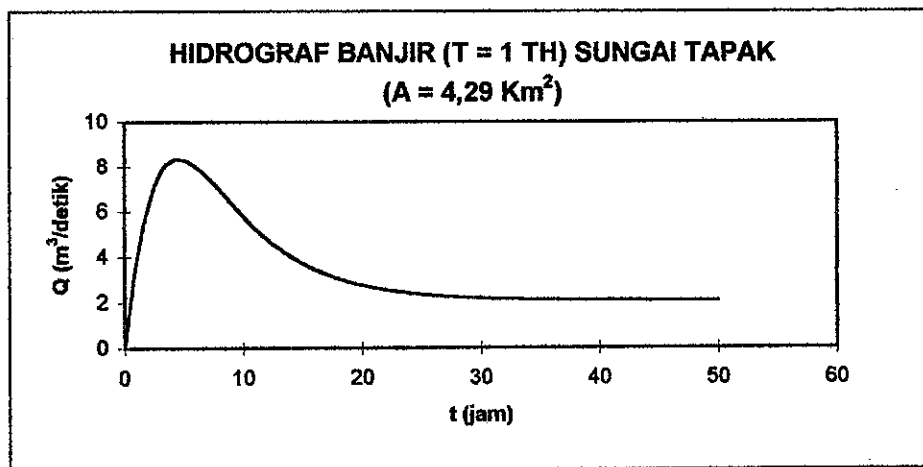
**GAMBAR 4.39. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI TENGGANG**



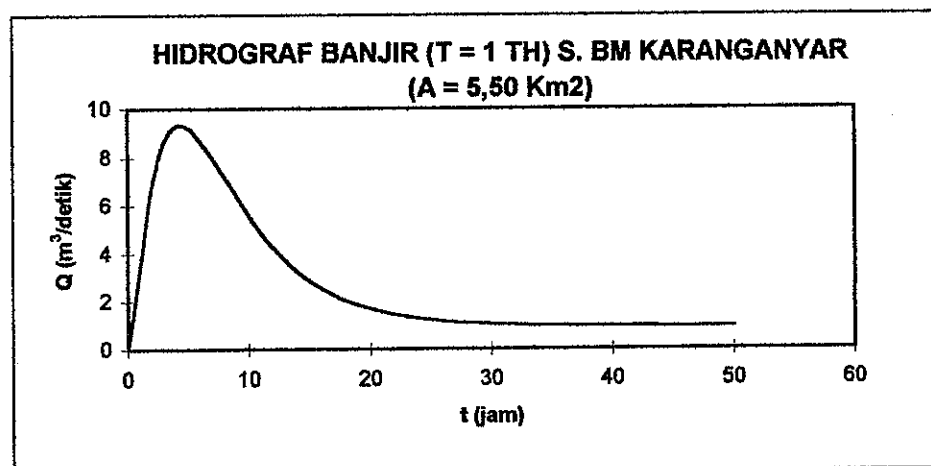
**GAMBAR 4.40. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI BABON**



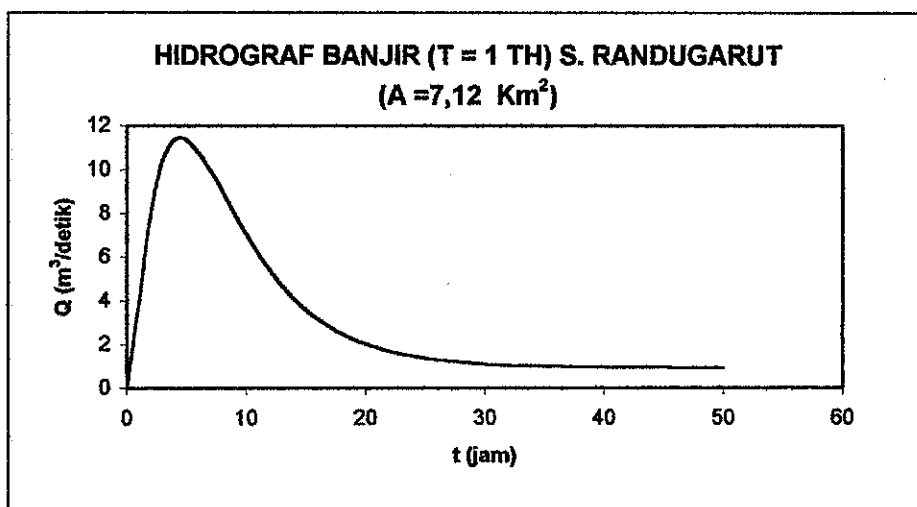
**GAMBAR 4.41. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI TUGUREJO**



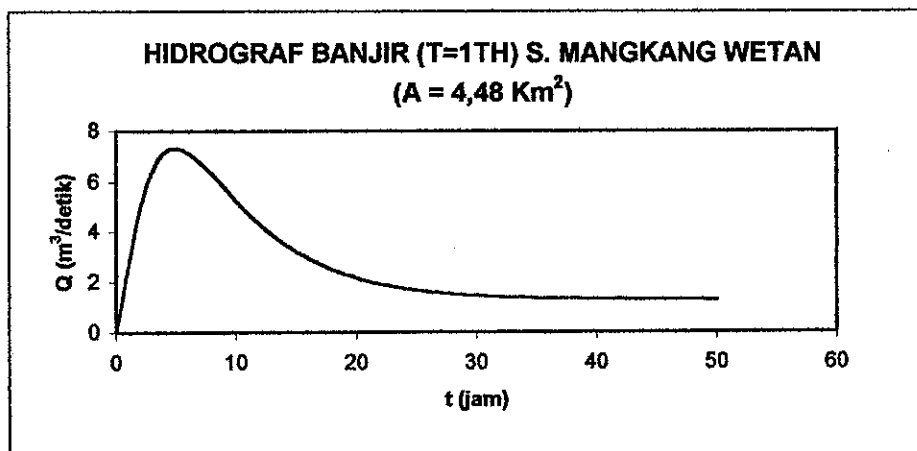
**GAMBAR 4.42. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI TAPAK**



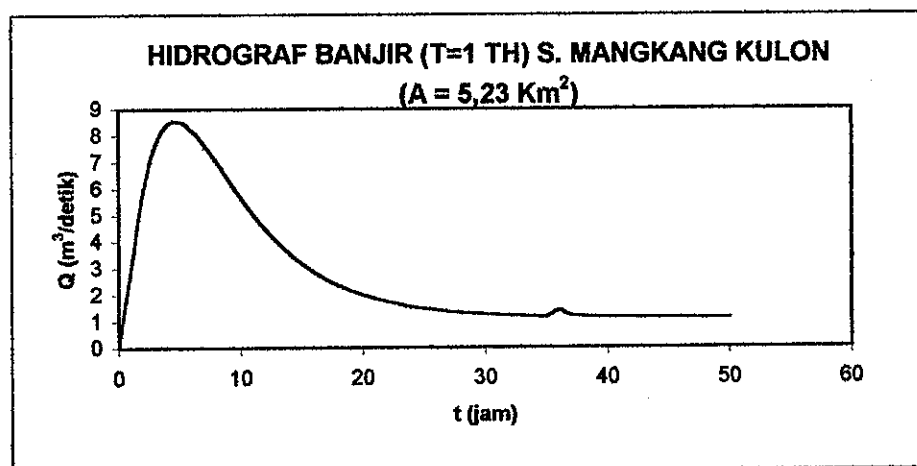
**GAMBAR 4.43. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) S. BOOM KARANGANYAR**



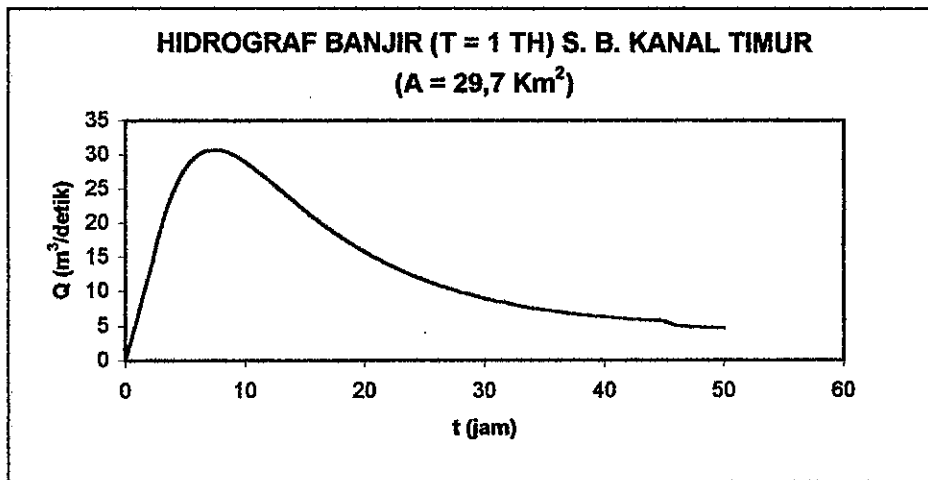
**GAMBAR 4.44. HIDROGRAF BANJIR (T = 1TH) SUNGAI RANDUGARUT**



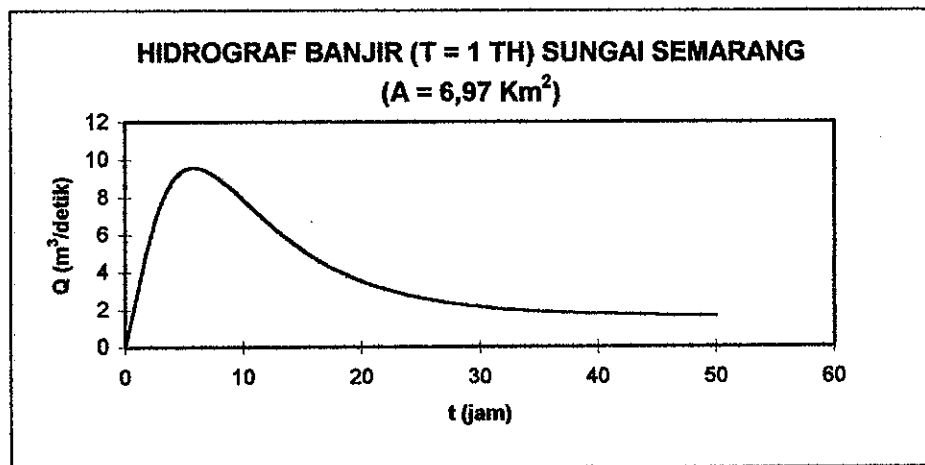
**GAMBAR 4.45. HIDROGRAF BANJIR (T = 1TH) S. MANGKANG WETAN**



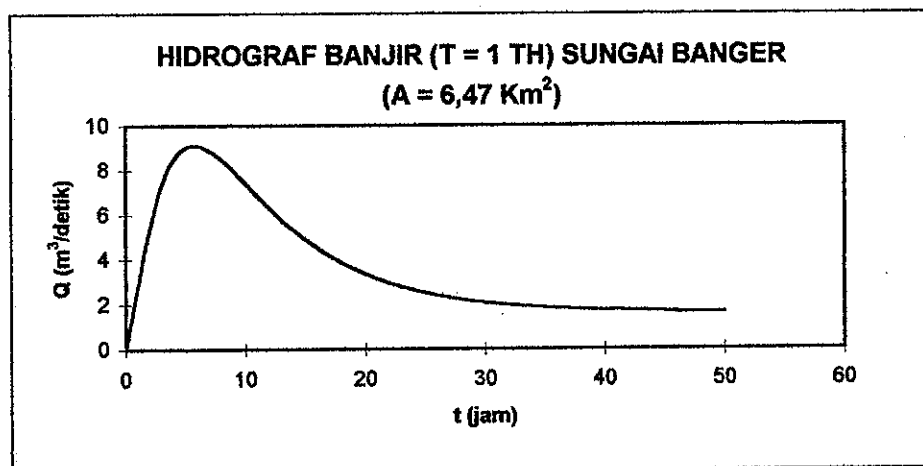
**GAMBAR 4.46. HIDROGRAF BANJIR (T = 1TH) S. MANGKANG KULON**



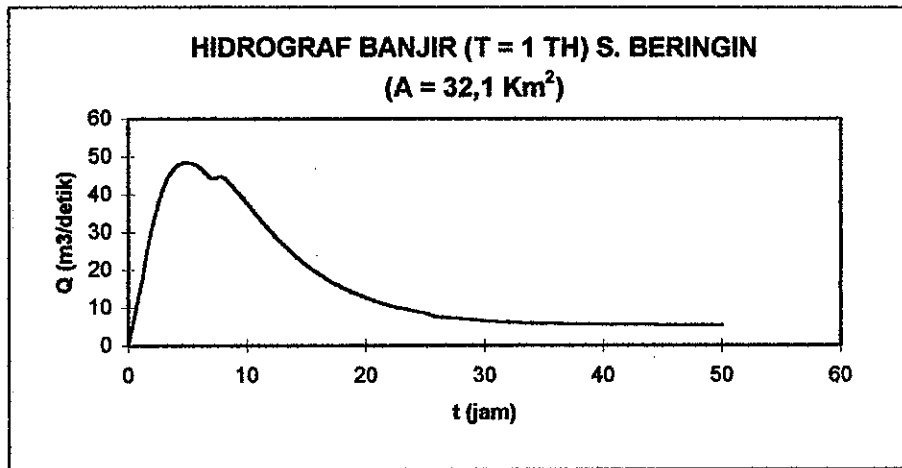
**GAMBAR 4.47. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 H) S. BANJIR KANAL TIMUR**



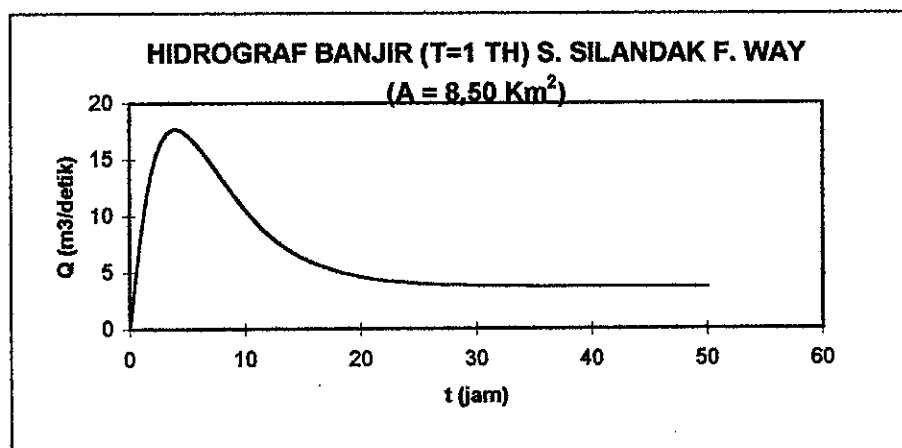
**GAMBAR 4.48. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI SEMARANG**



**GAMBAR 4.49. HIDROGRAF BANJIR (T = 1 TH) SUNGAI BANGER**



**GAMBAR 4.50. HIDROGRAF BANJIR (T =1TH) SUNGAI BERINGIN**



**GAMBAR 4.51. HIDROGRAF BANJIR (T =1TH) S. SILANDAK F. WAY**

#### 4.2.8. PERHITUNGAN BANJIR KUMULATIF

Setelah besarnya ordinat banjir tiap jam dari sungai-sungai diatas diketahui, maka besarnya ordinat banjir kumulatif tiap jam dapat dihitung.

Dalam studi ini digunakan asumsi pada kondisi terjelek yaitu terjadi banjir di 17 sungai secara bersamaan. Sehingga perhitungan besarnya ordinat banjir kumulatif tiap jam dari sungai-sungai diatas untuk periode ulang 25 tahun dan 1 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.10. dan Tabel 4.11.

**TABEL 4.10. PERHITUNGAN ORDINAT BANJIR KUMULATIF**  
**T = 25 TAHUN**

Jam (t)	K. Babon	K. Sringin	K. Tenggang	Bj. Kanal Timur	K. Banger	K. Semarang	K. Asin	Kaligarang
1	23,0243	5,9024	11,7137	8,9071	4,8164	4,8952	16,2828	66,4273
2	90,3810	19,3534	39,1565	28,5433	12,7486	13,2190	26,7133	254,7260
3	154,3572	31,6228	64,1540	49,6469	19,1055	19,9924	29,6224	429,1574
4	201,7682	40,4435	82,1209	66,6595	23,2208	24,4388	28,7826	556,0645
5	233,0083	46,0615	93,5496	78,8953	25,5169	26,9556	26,3272	637,9954
6	251,4549	49,2065	99,9350	87,0048	26,4992	28,0846	23,3372	684,8659
7	260,4014	50,5607	102,6649	91,8802	26,6109	28,2619	20,4048	706,0714
8	262,6525	50,6681	102,8749	94,3419	26,1378	27,8301	17,7274	709,3794
9	259,8310	49,8453	101,1799	94,9277	25,2586	26,9422	15,1227	699,2008
10	252,8813	48,2741	97,9592	93,9405	24,0578	25,7040	12,8813	678,1551
11	243,3534	46,2494	93,8222	91,8633	22,7092	24,2989	10,9080	650,4554
12	232,026	43,9254	89,0839	88,9717	21,2673	22,7952	9,2836	618,2405
13	219,9217	41,4973	84,1236	85,6036	19,8443	21,3036	8,0134	584,2745
14	207,7518	39,0950	79,2190	82,0160	18,5006	19,8771	7,0453	550,4593
15	197,7137	36,7310	74,4185	78,3414	17,2216	18,5185	6,1201	517,2135
16	183,5422	34,3704	69,6086	74,5144	15,9693	17,1813	5,3253	483,8018
17	171,6302	32,0859	64,9368	70,6502	14,7789	15,9220	4,6921	451,2707
18	160,2578	29,9199	60,5264	66,8704	13,6874	14,7556	4,2108	420,3891
19	149,3792	27,8545	56,3221	63,1832	12,6646	13,6564	3,6596	390,9166
20	138,4084	25,7814	52,0894	59,4436	11,6380	12,5578	3,0114	361,2381
21	124,2734	23,6809	47,8146	55,5953	10,6072	11,4520	2,4133	331,1696
22	115,3637	21,6393	43,6507	51,7581	9,6241	10,3917	1,9256	301,8574
23	105,3433	19,7091	39,7188	48,0423	8,7188	9,4185	1,5473	274,0656
24	95,8356	17,9116	36,0670	44,4906	7,8863	8,5219	1,2534	248,1704
25	86,9617	16,2608	32,7055	41,1477	7,1466	7,7208	1,0347	224,3263
26	78,7867	14,6934	29,6417	38,0280	6,4847	6,9998	0,8683	202,5236
27	71,3024	13,3677	26,8675	35,1330	5,8955	6,3535	0,7508	182,6936
28	64,4960	12,1394	24,3576	32,4555	5,3747	5,7878	0,6551	164,7431
29	58,3678	11,0322	22,0989	29,9829	4,9088	5,2815	0,5894	148,5109
30	52,7692	10,0322	20,0612	27,7191	4,5014	4,8373	0,5417	133,903
31	47,7472	9,1430	18,2386	25,6424	4,1409	4,4424	0,5071	120,7603
32	43,1895	8,3421	16,6023	23,7341	3,8324	4,1016	0,4720	108,964
33	39,0923	7,6211	15,1481	21,9938	3,5350	3,7938	0,4504	98,3839
34	35,4098	6,9838	13,8383	20,4071	3,3115	3,5313	0,4351	88,9002
35	32,1292	6,4063	12,6765	18,9668	3,1001	3,2953	0,4241	80,4072
36	29,1633	5,8920	11,6374	17,6474	2,9092	3,0896	0,4162	72,8160
37	26,4989	5,4369	10,7095	16,4474	2,7540	2,9130	0,4103	66,0269
38	24,1114	5,0291	9,8744	15,3522	2,6079	2,7545	0,4060	59,9692
39	22,0073	4,6630	9,1420	14,3547	2,4825	2,6097	0,4028	54,5533
40	20,1138	4,3457	8,4818	13,4493	2,3790	2,4857	0,4006	49,7170
41	18,3994	4,0560	7,9019	12,6315	2,2783	2,3837	0,3989	45,4074
42	16,8559	3,7976	7,3814	11,8880	2,1935	2,2940	0,3978	41,5581
43	15,4863	3,5696	6,9116	11,3022	2,1272	2,2135	0,3971	38,1304
44	14,2545	3,3711	6,5070	10,6208	2,0608	2,1400	0,3965	35,0648
45	13,1554	3,1901	6,1396	10,0550	2,0079	2,0722	0,3960	32,3387
46	9,9511	2,6938	5,9000	8,1193	1,8821	1,9292	0,3957	24,6740
47	8,5697	2,4766	5,7154	7,3171	1,8242	1,8629	0,3955	21,3391
48	7,6036	2,3241	5,5698	6,7625	1,7830	1,8157	0,3953	19,0011
49	6,8897	2,2112	5,4527	6,3562	1,7524	1,7805	0,3951	17,2705
50	6,3274	2,1222	5,3583	6,0362	1,7282	1,7526	0,3950	15,9070

**TABEL 4.10. PERHITUNGAN ORDINAT BANJIR KUMULATIF**  
**T = 25 TAHUN**

LANJUTAN

K. Silandak	Silandak Flood way	K. Tugurejo	K. Tapak	K. Boom Kr.	K.Randu garut	K. Beringin	K.Mg. Weta	K.Mg. Kulon	Q Kum. (M3 / DT)
9,4778	18,2058	5,7056	7,0972	8,3769	9,5518	33,6257	5,2622	6,7138	246,9860
12,8495	35,7599	11,8201	14,7947	18,8264	22,5138	84,8669	12,4349	15,7772	716,4845
13,1464	45,0275	15,2146	19,5474	24,9243	30,4062	119,6472	17,2953	21,5482	1107,4157
12,1841	48,4818	16,6149	21,8544	27,6519	34,1662	138,6993	19,9505	24,4770	1371,5789
10,8385	48,4500	16,7748	22,5394	28,2178	35,2063	146,5675	21,0407	25,4644	1528,4092
9,4848	46,4936	16,2254	22,2345	27,5070	34,5966	147,2065	21,1254	25,2441	1606,5060
8,2996	43,6113	15,3175	21,3639	26,1226	33,0777	143,4421	20,5937	24,3327	1630,0173
7,2966	40,3547	14,2430	20,2035	24,4042	31,0893	137,1599	19,7016	23,0485	1617,1134
6,3539	36,8094	13,0504	18,8319	22,4512	28,7497	129,0501	18,5679	21,4880	1576,6607
5,5945	33,2871	11,8445	17,3764	20,4184	26,2797	119,8615	17,2709	19,7972	1515,5835
4,9510	29,9243	10,6802	15,9245	18,4255	23,8289	110,3870	15,9500	18,0858	1442,8170
4,4580	26,8393	9,5968	14,5243	16,5571	21,4875	101,0190	14,6380	16,4401	1363,1537
4,0910	24,1583	8,6338	13,2641	14,8838	19,3704	92,2727	13,4100	14,9337	1282,5998
3,8368	21,8811	7,8084	12,1530	13,4212	17,5123	84,3700	12,3034	13,5967	1204,8470
3,5638	19,7985	7,0618	11,1208	12,0893	15,7996	77,0257	11,2801	12,3585	1131,3764
3,3392	17,8923	6,3640	10,1619	10,8532	14,2118	70,0559	10,3042	11,1904	1054,6862
3,1728	16,2479	5,7660	9,3071	9,7636	12,7920	63,6998	9,4156	10,1465	983,2781
3,0474	14,8519	5,2437	8,5621	8,8202	11,5518	58,0601	8,6246	9,2307	916,6099
2,8734	13,5243	4,7548	7,8604	7,9347	10,3932	52,7822	7,8896	8,3710	853,0198
2,6608	12,1251	4,2421	7,1443	7,0513	9,2056	47,4377	7,1476	7,4986	788,6812
2,4682	10,7726	3,7515	6,4421	6,1279	8,0421	42,1574	6,4040	6,6449	720,8170
2,3272	9,5756	3,3073	5,7952	5,3168	6,9798	37,2565	5,7225	5,8512	660,3427
2,2258	8,5463	2,9182	5,2304	4,6096	6,0484	32,8518	5,1087	5,1561	602,2590
2,1443	7,6802	2,5935	4,7442	4,0110	5,2444	28,9756	4,5667	4,5405	548,6372
2,0909	6,9549	2,3229	4,3242	3,4985	4,5530	25,5893	4,0955	4,0167	499,7500
2,0540	6,3635	2,0912	3,9630	3,0704	3,9731	22,6549	3,6831	3,5637	455,4431
2,0285	5,8739	1,8999	3,6641	2,7102	3,4784	20,1212	3,3326	3,1823	415,6551
2,0108	5,4689	1,7461	3,4053	2,4089	3,0558	17,9525	3,0322	2,8580	379,9477
1,9987	5,1450	1,6167	3,1875	2,1587	2,7051	16,0797	2,7763	2,5841	348,0242
1,9902	4,8750	1,5061	3,0075	1,9442	2,4117	14,4847	2,5504	2,3549	319,4898
1,9843	4,6560	1,4201	2,8522	1,7668	2,1680	13,1152	2,3581	2,1556	294,0982
1,9804	4,4719	1,3488	2,7258	1,6241	1,9582	11,9522	2,1976	1,9897	271,4867
1,9776	4,3246	1,2886	2,6176	1,5037	1,7945	10,9573	2,0572	1,8452	251,3847
1,9758	4,2113	1,2369	2,5332	1,4001	1,6476	10,1086	1,9421	1,7275	233,6002
1,9745	4,1195	1,2017	2,4627	1,3193	1,5277	9,3898	1,8425	1,6259	217,8691
1,9736	4,0337	1,1649	2,3929	1,2521	1,4246	8,7779	1,7545	2,2634	204,6087
1,9730	3,9767	1,1411	2,3477	1,1949	1,3444	8,2598	1,6854	1,7201	191,8400
1,9727	3,9237	1,1131	2,3034	1,1455	1,2773	7,8147	1,6267	1,5762	180,8580
1,9724	3,8776	1,0958	2,2636	1,1120	1,2202	7,4317	1,5759	1,4785	171,2430
1,9722	3,8467	1,0828	2,2374	1,0765	1,1706	7,1121	1,5311	1,4105	162,8128
1,9720	3,8235	1,0730	2,2076	1,0535	1,1269	6,8431	1,4911	1,3550	155,4028
1,9719	3,7957	1,0654	2,1888	1,0361	1,0979	6,6081	1,4546	1,3213	148,9061
1,9719	3,7786	1,0594	2,1746	1,0125	1,0658	6,4092	1,4310	1,2837	143,3246
1,9719	3,7659	1,0449	2,1538	0,9986	1,0455	6,2439	1,4033	1,2487	138,2920
1,9719	3,7561	1,0379	2,1319	0,9883	1,0299	6,1001	1,3861	1,2349	133,9920
1,9719	3,7388	1,0331	2,1198	0,9704	0,9982	5,8531	1,3532	1,1959	120,7796
1,9719	3,7298	1,0294	2,1110	0,9608	0,9822	5,7284	1,3363	1,1807	115,5310
1,9719	3,7231	1,0267	2,1043	0,9540	0,9706	5,6381	1,3240	1,1698	112,1376
1,9719	3,7181	1,0245	2,0992	0,9488	0,9620	5,5700	1,3148	1,1617	109,8793
1,9719	3,7145	1,0228	2,0951	0,9447	0,9554	5,5167	1,3077	1,1470	58,3027

**TABEL 4.11. PERHITUNGAN ORDINAT BANJIR KUMULATIF**  
**T = 1 TAHUN**

Jam (t)	K. Babon	K. Sringin	K. Tenggong	Bj. Kanal Timur	K. Banger	K. Semarang	K. Asin	Kaligarang
1	10,3450	3,1415	6,0659	6,0799	2,6977	2,7301	5,7156	29,0316
2	32,6028	7,5809	15,1230	12,5891	5,3041	5,4666	8,9595	91,2084
3	52,8457	11,4514	23,0080	19,3205	7,2875	7,5829	9,6654	146,2997
4	67,0506	14,0753	28,3517	24,5072	8,4761	8,8724	9,0821	184,1586
5	75,3509	15,5349	31,3189	27,9222	9,0114	9,4683	7,9634	205,6399
6	79,0676	16,1132	32,4892	29,8348	9,0862	9,5769	6,7006	214,6010
7	79,5478	16,0879	32,4279	30,6141	8,8798	9,3760	5,5690	214,8756
8	77,9450	15,6791	31,5922	30,6170	8,4997	8,9946	4,5132	209,6215
9	74,7007	14,9733	30,1483	29,9943	7,9982	8,4747	3,5722	200,0374
10	70,4204	14,0877	28,3382	28,9359	7,4329	7,8837	2,8079	187,7976
11	65,6556	13,1260	26,3758	27,6226	6,8632	7,2840	2,2109	174,3896
12	60,7584	12,1557	24,3989	26,1833	6,3117	6,7039	1,7552	160,7644
13	55,9376	11,2139	22,4765	24,7011	5,7971	6,1605	1,4100	147,4597
14	51,3159	10,3211	20,6552	23,2273	5,3266	5,6580	1,1515	134,7917
15	46,9599	9,4837	18,9554	21,7991	4,9005	5,2025	0,9551	122,9185
16	42,8980	8,7123	17,3842	20,4327	4,5162	4,7892	0,8107	111,9111
17	39,1486	8,0070	15,9423	19,1402	4,1696	4,4206	0,7021	101,7922
18	35,7031	7,3624	14,6306	17,9304	3,8625	4,0904	0,6234	92,5385
19	32,5573	6,7768	13,4392	16,8002	3,5916	3,7966	0,5643	84,1179
20	29,6922	6,2491	12,3618	15,7532	3,3525	3,5381	0,5211	76,4846
21	26,0881	5,7719	11,3921	14,7834	3,1404	3,3076	0,4882	69,5808
22	24,4468	5,3432	10,5175	13,8893	2,9532	3,1028	0,4636	63,3538
23	22,4258	4,9580	9,7334	13,0699	2,7900	2,9256	0,4459	57,7449
24	20,5876	4,6111	9,0305	12,3147	2,6434	2,7662	0,4312	52,7002
25	18,8931	4,3007	8,3987	11,6236	2,5178	2,6284	0,4216	48,1739
26	17,3578	4,0023	7,8340	10,9923	2,4071	2,5060	0,4137	44,1129
27	15,9562	3,7683	7,3307	10,4160	2,3097	2,3971	0,4102	40,4725
28	14,7211	3,5483	6,8800	9,8895	2,2248	2,3041	0,4050	37,2137
29	13,5970	3,3522	6,4785	9,4074	2,1484	2,2207	0,4030	34,2963
30	12,5836	3,1755	6,1178	8,9709	2,0827	2,1486	0,4018	31,6905
31	11,6733	3,0206	5,7980	8,5730	2,0244	2,0843	0,4012	29,3597
32	10,8570	2,8808	5,5118	8,2083	1,9763	2,0302	0,3976	27,2795
33	10,1273	2,7554	5,2603	7,8780	1,9319	1,9801	0,3965	25,4218
34	9,4739	2,6455	5,0328	7,5784	1,8932	1,9391	0,3958	23,7622
35	8,8864	2,5451	4,8331	7,3083	1,8600	1,9011	0,3954	22,2803
36	8,3640	2,4560	4,6544	7,0606	1,8290	1,8685	0,3952	20,9604
37	7,8950	2,3781	4,4952	6,8362	1,8060	1,8411	0,3951	19,7823
38	7,4760	2,3081	4,3508	6,6313	1,7823	1,8159	0,3950	18,7348
39	7,1013	2,2450	4,2264	6,4449	1,7626	1,7919	0,3950	17,7990
40	6,7654	2,1916	4,1130	6,2762	1,7474	1,7720	0,3950	16,9645
41	6,4662	2,1419	4,0150	6,1249	1,7306	1,7567	0,3950	16,2231
42	6,1956	2,0976	3,9263	5,9873	1,7171	1,7431	0,3950	15,5608
43	5,9577	2,0588	3,8454	5,8925	1,7080	1,7306	0,3950	14,9726
44	5,7428	2,0256	3,7778	5,7550	1,6970	1,7187	0,3950	14,4456
45	5,5518	1,9946	3,7153	5,6497	1,6893	1,7070	0,3950	13,9784
46	4,6371	1,8549	3,6889	5,0770	1,6559	1,6689	0,3950	11,8092
47	4,3510	1,8110	3,6737	4,8996	1,6452	1,6567	0,3950	11,1291
48	4,1767	1,7843	3,6652	4,7912	1,6388	1,6492	0,3950	10,7151
49	4,0834	1,7700	3,6604	4,7336	1,6354	1,6452	0,3950	10,4933
50	4,0271	1,7614	3,6579	4,6980	1,6333	1,6428	0,3950	10,3596



**TABEL 4.11. PERHITUNGAN ORDINAT BANJIR KUMULATIF**  
**T = 1 TAHUN**

LANJUTAN

K. Silandak	Silandak Flood way	K. Tugurejo	K. Tapak	K. Boom Kr.	K.Randu garut	K. Beringin	K.Mg. Weta	K.Mg. Kulon	Q Kum. (M3 / DT)
4,4855	8,5589	2,5871	3,7602	3,4243	3,8180	14,7954	2,6138	2,9862	113,8367
8,2307	14,2101	4,5612	6,2593	6,8069	8,0236	31,5114	4,9534	5,9318	271,3228
8,5876	16,9428	5,5712	7,6971	8,6361	10,4066	42,1687	6,4423	7,6833	394,5968
7,9889	17,6673	5,8912	8,2852	9,2971	11,3547	47,3315	7,1610	8,4471	471,9980
7,0323	17,1812	5,7788	8,3033	9,2018	11,3481	48,5350	7,3257	8,5279	510,4440
6,0691	16,0623	5,4311	7,9872	8,6793	10,7857	47,2623	7,1462	8,1993	521,0920
5,2496	14,7328	4,9948	7,5132	7,9802	9,9739	44,6749	6,7827	7,6739	513,9541
4,5752	13,3138	4,5165	6,9622	7,1944	9,0378	41,3868	6,3184	7,0476	495,8150
3,9812	11,8775	4,0241	6,3669	6,3701	8,0298	37,6312	5,7937	6,3581	469,3317
3,4085	10,5502	3,5626	5,7882	5,5795	7,0533	33,8095	5,2554	5,6775	438,3890
2,9876	9,3840	3,1520	5,2561	4,8648	6,1598	30,1885	4,7509	5,0429	406,3143
2,6874	8,3893	2,7971	4,7808	4,2429	5,3687	26,8871	4,2889	4,4780	374,9517
2,4694	7,5556	2,4979	4,3697	3,7068	4,6810	23,9369	3,8751	3,9817	345,2305
2,3210	6,8613	2,2376	4,0153	3,2479	4,0907	21,3374	3,5113	3,5514	317,6212
2,2126	6,2847	2,0265	3,7089	2,8626	3,5853	19,0656	3,1953	3,1791	292,2953
2,1391	5,8096	1,8475	3,4501	2,5383	3,1602	17,0932	2,9192	2,8587	269,2703
2,0888	5,4219	1,7032	3,2313	2,2673	2,7988	15,3849	2,6807	2,5872	248,4867
2,0502	5,1019	1,5797	3,0463	2,0394	2,4923	13,9168	2,4748	2,3563	229,7990
2,0248	4,8421	1,4796	2,8895	1,8505	2,2363	12,6540	2,2994	2,1597	213,0798
2,0120	4,6282	1,3958	2,7583	1,6914	2,0217	11,5732	2,1503	1,9947	198,1782
1,9980	4,4546	1,3294	2,6479	1,5625	1,8417	10,6468	2,0192	1,8564	183,9090
1,9917	4,3152	1,2733	2,5533	1,4525	1,6903	9,8540	1,9097	1,7363	172,8465
1,9881	4,2005	1,2256	2,4759	1,3617	1,5646	9,1754	1,8155	1,6380	162,5388
1,9794	4,1070	1,1883	2,4121	1,2887	1,4598	8,5994	1,7349	1,5518	153,4063
1,9762	4,0294	1,1585	2,3575	1,2266	1,3709	7,6879	1,6668	1,4815	144,9131
1,9745	3,9689	1,1320	2,3105	1,1763	1,2991	7,6879	1,6074	1,4207	138,2034
1,9734	3,9187	1,1107	2,2737	1,1343	1,2376	7,3302	1,5585	1,3713	131,9691
1,9727	3,8769	1,0947	2,2407	1,0994	1,1843	7,0291	1,5172	1,3296	126,5311
1,9724	3,8453	1,0808	2,2133	1,0708	1,1415	6,7685	1,4826	1,2948	121,7735
1,9721	3,8178	1,0681	2,1914	1,0450	1,1060	6,5499	1,4509	1,2663	117,6389
1,9719	3,7960	1,0595	2,1718	1,0241	1,0772	6,3618	1,4242	1,2406	114,0616
1,9719	3,7764	1,0521	2,1567	1,0083	1,0512	6,2041	1,4026	1,2196	110,9844
1,9719	3,7614	1,0456	2,1434	0,9945	1,0335	6,0690	1,3832	1,2005	108,3543
1,9719	3,7514	1,0395	2,1343	0,9819	1,0152	5,9541	1,3683	1,1858	106,1233
1,9719	3,7434	1,0369	2,1267	0,9733	1,0011	5,8577	1,3549	1,1725	104,2481
1,9719	3,7331	1,0321	2,1167	0,9659	0,9882	5,7759	1,3425	1,4036	102,9180
1,9719	3,7291	1,0304	2,1129	0,9594	0,9794	5,7072	1,3340	1,2249	101,4782
1,9719	3,7234	1,0260	2,1074	0,9533	0,9720	5,6474	1,3268	1,1921	100,4145
1,9719	3,7179	1,0245	2,1019	0,9507	0,9654	5,5950	1,3202	1,1658	99,5794
1,9719	3,7157	1,0236	2,0997	0,9459	0,9592	5,5527	1,3141	1,1512	98,9591
1,9719	3,7145	1,0231	2,0951	0,9442	0,9533	5,5175	1,3082	1,1394	98,5206
1,9719	3,7104	1,0228	2,0934	0,9431	0,9509	5,4854	1,3025	1,1371	98,2403
1,9719	3,7091	1,0227	2,0924	0,9392	0,9462	5,4585	1,3002	1,1262	98,1270
1,9719	3,7082	1,0192	2,0885	0,9380	0,9445	5,4369	1,2955	1,1228	98,0830
1,9719	3,7078	1,0182	2,0839	0,9372	0,9434	5,4173	1,2938	1,1217	98,1763
1,9719	3,7042	1,0177	2,0822	0,9335	0,9362	5,3590	1,2861	1,1145	95,1922
1,9719	3,7032	1,0173	2,0812	0,9323	0,9340	5,3399	1,2836	1,1123	94,9370
1,9719	3,7025	1,0171	2,0807	0,9316	0,9326	5,3284	1,2821	1,1109	95,1733
1,9719	3,7021	1,0170	2,0804	0,9312	0,9319	5,3222	1,2813	1,1102	95,7645
1,9719	3,7019	1,0169	2,0802	0,9309	0,9315	5,3186	1,2808	1,1098	46,5176

### 4.3. ANALISA PASANG SURUT

Dari pengamatan yang dilakukan oleh Pelabuhan Tanjung Emas dari tahun 1983 sampai dengan tahun 1996, maka dapat diketahui ketinggian Air Tinggi (*High Water Level*), Duduk Tengah (*Akan Sea Level*), dan Air Rendah (*Low Water Level*) yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

**TABEL 4.12. PASANG SURUT DI PELABUHAN TANJUNG MAS**

TH. KET.	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
H.W.L.	130	134	142	145	151	164	159	159	160	170	166	168	178	184.8
M.S.L.	58.9	72.7	81.2	78.7	80.6	88.6	95.4	97.5	98.3	106	109	113	124	136.8
L.W.L.	20	22	23	13	22	23	32	40	46	54	54	66	71	89.8

Sumber : Pelabuhan Tanjung Mas

Catatan :

Unit CM, diatas *Low Water Spring* (LWS).

Alat pencatat pasang surut otomatis yang dipasang di pelabuhan Tanjung Mas adalah berdasar *Bench Mark* BPP-M2 mempunyai elevasi yaitu + 2,104 m diatas LWS atau 0,506 m diatas TTG (MSL Pelabuhan Jakarta).

Untuk perhitungan selanjutnya digunakan fluktuasi ketinggian air laut seperti dapat dilihat pada Tabel 4.13.

**TABEL 4.13. FLUKTUASI PASANG - SURUT AIR LAUT**

Muka Air	Sistim BPP M-2	Sistim TTG
HHWL	+ 2,048 M	+ 0,45 M
HWL	+ 1,848 M	+ 0,25 M
MSL	+ 1,368 M	- 0,23 M
LWL	+ 0,898 M	- 0,70 M
LLWL	+ 0,698 M	- 0,90 M

Sumber : JICA, 1999

*Range* keadaan pasang surut pada referensi TTG dan BPPM 2 dapat dilihat pada Lampiran L.

#### 4.4. ANALISA TOPOGRAFI

##### 4.4.1. ANALISA PETA TOPOGRAFI

Dari peta topografi yaitu yang berupa peta ketinggian daratan yang mencakup daerah studi, antara perbatasan Kota Semarang dengan Demak sampai Kendal, dapat diketahui ketinggian masing-masing daerah. Ketinggian muka tanah tersebut adalah mengikuti sistem Titik Tinggi Geodesi (TTG), yaitu yang berdasar *Mean Sea Level* Pelabuhan Jakarta.

Dari peta ini kita dapat mengetahui ketinggian muka tanah, sehingga daerah yang mengalami banjir air laut pasang dapat diketahui, yaitu daerah-daerah yang mempunyai elevasi muka tanah yang lebih rendah dari elevasi air laut pasang, yaitu 0,45 M (TTG). Peta topografi ini dapat dilihat pada Lampiran M. Dari peta topografi ini dapat dihitung luas daerah yang tidak terkena banjir air laut pasang dan prosentasenya, pada elevasi air laut + 0,45 M, + 0,35 M, + 0,25 M, + 0,15 M, + 0,05 M, - 0,05 M, - 0,15 M, - 0,25 M, - 0,35 M, - 0,45 M, - 0,55 M, - 0,65 M, - 0,75 M, - 0,85 M dan - 0,90 M (TTG).

Perhitungan prosentase luas daerah yang tidak terkena banjir air laut pasang seperti dimaksud di atas, dapat dilihat pada Tabel 4.14.

##### 4.4.2. ANALISA PETA BATHIMETRI

Dalam hal ini, juga diperlukan adanya peta Bathimetri untuk mengetahui kedalaman laut dilokasi rencana Dam Lepas Pantai.

Peta Bathimetri tersebut diatas dapat dilihat pada Lampiran N.

Dari peta Bathimetri dapat diketahui bahwa elevasi dasar danau yang paling dalam adalah - 8,12 M (- 9,02 M TTG), yang berarti bahwa dasar danau yang paling dalam berada 8,12 M di bawah Air Rendah Terendah (*Lowest Low Water Level*). Atau dengan kata lain bahwa elevasi 0.00 M pada peta Bathimetri, ini berarti elevasi daripada *LLWL* (- 0,90 M TTG).

TABEL 4.14. PERHITUNGAN PROSENTASE LUAS DAERAH YANG TIDAK TERKENA BANJIR AIR LAUT PASANG

NO GAMBAR	LUAS ROB + 0.45	LUAS DAERAH YANG TIDAK TERKENA BANJIR AIR LAUT PASANG (KM2) PADA ELEVASI (M)													
		+ 0.35	+ 0.25	+ 0.15	+ 0.05	- 0.05	- 0.15	- 0.25	- 0.35	- 0.45	- 0.55	- 0.65	- 0.75	- 0.85	- 0.90
A2	0,100	0,025	0,050	0,070	0,080	0,085	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
B2	0,345	0,075	0,178	0,247	0,296	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345
A3	0,450	0,037	0,070	0,110	0,166	0,222	0,340	0,400	0,412	0,412	0,432	0,440	0,441	0,445	0,450
B3	7,625	0,450	1,353	2,147	2,912	3,127	3,876	3,876	4,927	5,241	6,731	6,932	7,505	7,625	7,625
B4	5,750	0,015	0,064	0,040	0,053	5,417	5,487	5,487	5,547	5,607	5,750	5,750	5,750	5,750	5,750
B5	2,343	0,110	1,003	1,450	2,127	2,230	2,343	2,343	2,343	2,343	2,343	2,343	2,343	2,343	2,343
A6	0,310	0,012	0,018	0,035	0,095	0,146	0,183	0,183	0,260	0,273	0,310	0,273	0,310	0,310	0,310
B6	6,000	1,200	1,900	2,048	2,343	2,829	3,143	3,143	4,127	4,595	4,743	5,125	5,890	6,000	6,000
A7	3,625	-	-	0,123	0,248	0,137	0,385	0,385	1,005	1,315	1,715	2,025	2,783	3,142	3,625
B7	5,178	-	-	-	-	-	0,050	0,050	1,050	1,560	1,709	3,665	4,343	5,178	5,178
TOTAL	31,726	1,924	4,636	6,270	8,320	14,538	16,252	16,312	20,116	21,791	24,178	26,998	29,810	31,238	31,726
%		6,064	14,613	19,763	26,225	45,824	51,226	51,415	63,405	68,685	76,209	85,097	93,961	98,462	100,000

#### 4.5. ANALISA VOLUME DANAU

Volume danau dapat diketahui dari peta Bathimetri.

Dimana peta ini menunjukkan kedalaman laut di lokasi Dam Lepas Pantai, yang dihitung dibawah Air Rendah Terendah.

Dari peta ini kita dapat menghitung luas genangan masing-masing kedalaman dan volumenya.

Dalam perhitungan luas genangan dan volume danau ini, kita mengambil interval satu meter.

Tabel 4.15. menunjukkan perhitungan volume danau, dan Lampiran O menunjukkan hubungan elevasi dan volume danau serta elevasi dan luas genangan. Sedangkan Lampiran P menunjukkan hubungan elevasi, volume danau dan luas muka air.

**TABEL 4.15. PERHITUNGAN VOLUME DANAU**

NO	KEDALAMAN BATHIMETRI (M)	ELEVASI TTG (M)	LUAS GENANGAN (M2)	LUAS GENANGAN RATA-RATA (M2)	TINGGI GENANGAN (M)	VOLUME (M3)
1	-8,12	- 9,02	0	22500	0,12	2700
2	-8	- 8,9	45000	1122500	1	1122500
3	-7	- 7,9	2200000	4287500	1	4287500
4	-6	- 6,9	6375000	9047500	1	9047500
5	-5	- 5,9	11720000	14492500	1	14492500
6	-4	- 4,9	17265000	19893750	1	19893750
7	-3	- 3,9	22522500	25047500	1	25047500
8	-2	- 2,9	27572500	29260000	1	29260000
9	-1	- 1,9	30947500	32792500	1	32792500
10	0	- 0,9	34637500			
JUMLAH						135946450

Dari Peta Bathimetri hubungan volume dan elevasi hanya dapat diketahui dari elevasi - 0,90 M TTG sampai - 9,02 M TTG. Untuk memperoleh hubungan volume dan elevasi di atas - 0,90 M TTG digunakan berdasarkan ekstrapolasi persamaan hubungan volume dan elevasi yang ada, yaitu di atas elevasi - 0,90 M TTG hubungan elevasi dan volume danau adalah linier. Sehingga dengan demikian dapat diketahui volume danau pada masing-masing interval 10 cm dari HHWL. Seperti dapat dilihat pada Tabel 4.16.

TABEL 4.16. HUBUNGAN ELEVASI VS VOLUME DANAU

NO	ELEVASI MUKA AIR DANAU (M)	VOLUME DANAU (M3)
1	- 0,90 TTG	135.946.450
2	- 0,85 TTG	137.586.075
3	- 0,75 TTG	140.865.325
4	- 0,65 TTG	144.144.575
5	- 0,55 TTG	147.423.825
6	- 0,45 TTG	150.703.075
7	- 0,35 TTG	153.982.325
8	- 0,25 TTG	157.261.575
9	- 0,15 TTG	160.540.825
10	- 0,05 TTG	163.820.075
11	+ 0,05 TTG	167.099.325
12	+ 0,15 TTG	170.378.575
13	+ 0,25 TTG	173.657.825
14	+ 0,35 TTG	176.937.075
15	+ 0,45 TTG	180.216.325

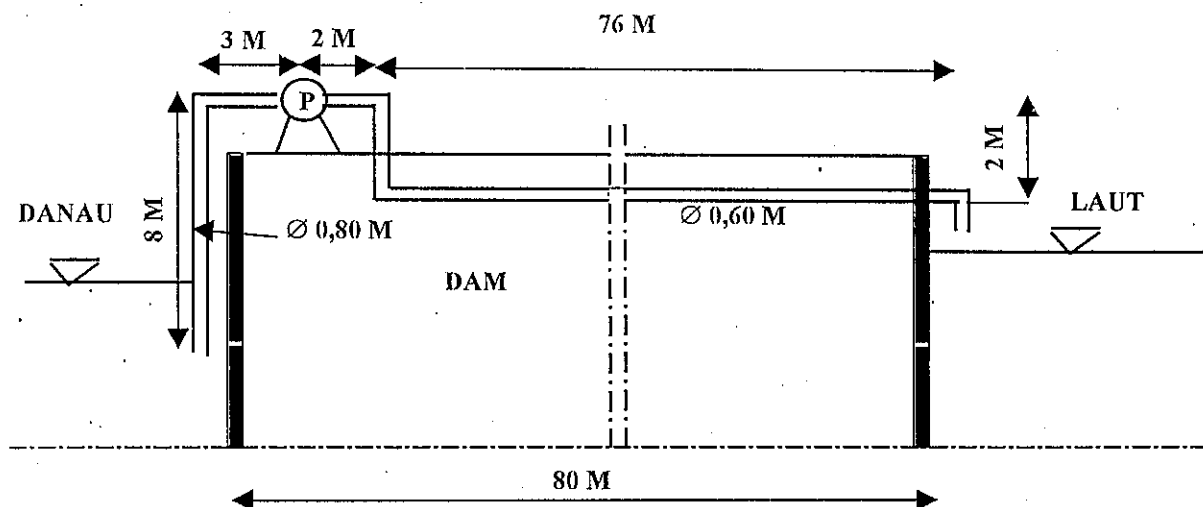
#### 4.6. ANALISA POMPA

Kapasitas total pompa yang diperlukan haruslah sedemikian sehingga volume tampungan di danau besarnya adalah 135946450 m<sup>3</sup>, dimana pada keadaan ini elevasi muka air danau adalah 1,35 meter di bawah HHWL (*Highest High Water Level*).

Adapun kapasitas satu pompa diambil 5 m<sup>3</sup>/detik, sedangkan jumlah pompa yang diperlukan untuk memenuhi keadaan diatas tergantung pada hasil perhitungan *Flood Routing*.

Untuk menjaga kapasitasnya tetap terpenuhi, jika ada kerusakan salah satu pompa maka diperlukan adanya tambahan pompa yang berfungsi sebagai *stand-by*.

Sesuai dengan fungsi daripada pompa, yaitu akan memindahkan air dari danau ke laut terutama disaat air laut pasang, maka pompa diletakkan diatas Dam, seperti dapat dilihat pada Gambar 4.52.



GAMBAR 4.52. POMPA

Besarnya Total Head ( $H_p$ )

$$H_p = \text{static head} + \text{total pressure losses}$$

Dimana :

$$\text{Static head} = 10 \text{ m}$$

Besarnya total *pressure losses* dapat dirumuskan sebagai berikut (*Pumping Stations* oleh Pah Hoogcarspel Ir.) :

$$\text{Total pressure head} = 1,2 Q^2, \text{ dimana } Q = 5 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 1,2 (5)^2$$

$$= 30 \text{ m}$$

$$\text{Jadi, } H_p = 10 + 30$$

$$= 40 \text{ m}$$

Maka daya pompa,

$$D_p = \frac{H_p \times Q \times \gamma_w \times g}{\eta}$$

$$= \frac{40 \times 5 \times 19,8}{0,85}$$

$$= 2306 \text{ KW}$$

#### 4.7. FLOOD ROUTING

*Flood Routing* ini dimaksudkan untuk mengetahui volume tampungan air di danau sesuai dengan interval waktunya, sehubungan dengan debit yang masuk ke danau dan air yang dipompakan dari danau ke laut.

##### 4.7.1. RUMUS FLOOD ROUTING

Adapun rumus *Flood Routing* adalah sebagai berikut :

$$\Delta S = Q_i \Delta t - Q_0 \Delta t$$

di mana :

$\Delta S$  = tampungan kumulatif

$\Delta t$  = interval waktu

$Q_i$  = debit masuk

$Q_0$  = debit keluar

##### Debit masuk ( $Q_i$ )

Debit yang masuk ke danau didapat dari Hidrograf Banjir dari sungai-sungai yang bermuara ke danau tersebut.

##### Debit keluar ( $Q_0$ )

Air yang keluar dari danau, adalah air yang dipompa keluar ke laut pada saat air laut pasang. Adapun debit air yang keluar ini dipengaruhi oleh :

- Kapasitas pompa.
- Jumlah pompa.

##### 4.7.2. PERHITUNGAN FLOOD ROUTING

Setelah Hidrograf Banjir semua sungai yang menuju kedanau diketahui dan kapasitas pompa ditentukan, maka selanjutnya dilakukan "*FLOOD ROUTING*".

Karena elevasi muka di danau dibuat 1,35 m dibawah air laut pasang (*Highest High Water Level*), maka pada perhitungan *Flood Routing* ada volume awal sebesar 135.946.450,00 m<sup>3</sup>.

Pada perhitungan *Flood Routing* ini, kapasitas pompa yang digunakan adalah sebagai berikut :



<i>Flood Routing</i> pertama digunakan kapasitas pompa	= 5 m <sup>3</sup> /dt
<i>Flood Routing</i> kedua digunakan kapasitas pompa	= 10 m <sup>3</sup> /dt
<i>Flood Routing</i> ketiga digunakan kapasitas pompa	= 15 m <sup>3</sup> /dt
<i>Flood Routing</i> keempat digunakan kapasitas pompa	= 20 m <sup>3</sup> /dt
<i>Flood Routing</i> kelima digunakan kapasitas pompa	= 25 m <sup>3</sup> /dt
<i>Flood Routing</i> keenam digunakan kapasitas pompa	= 30 m <sup>3</sup> /dt
<i>Flood Routing</i> ketujuh digunakan kapasitas pompa	= 35 m <sup>3</sup> /dt
<i>Flood Routing</i> kedelapan digunakan kapasitas pompa	= 40 m <sup>3</sup> /dt
<i>Flood Routing</i> kesembilan digunakan kapasitas pompa	= 45 m <sup>3</sup> /dt
<i>Flood Routing</i> kesepuluh digunakan kapasitas pompa	= 50 m <sup>3</sup> /dt

Contoh cara perhitungan flood routing untuk kapasitas pompa ini dan banjir rencana dengan periode ulang 25 tahun adalah sebagai berikut :

$$S_{ti} = 246,9860 \times 3600 = 889149,60 \text{ ( 1 jam = 3600 detik)}$$

$$S_{ti} \text{ Kumulatif} = 13594650,00 + 889149,60 = 13683559,60$$

$$S_{out} = (0 + 5) / 2 \times 3.600 = 9.000$$

$$S_{out} \text{ Kumulatif} = 13683559,60 - 9.000 = 136826599,60$$

Adapun perhitungan *Flood Routing* untuk periode 25 tahun dan 1 tahun dapat dilihat pada Lampiran P dan Lampiran Q.

#### 4.8. HUBUNGAN ANTARA VOLUME DANAU, LUAS MUKA AIR DAN ELEVASI

Dari hasil perhitungan Routing Dam Lepas Pantai di atas, maka kita dapat mengetahui volume maksimum tampungan danau sehubungan dengan masing-masing kapasitas total pompa, yaitu dari 5 - 50 m<sup>3</sup>/detik.

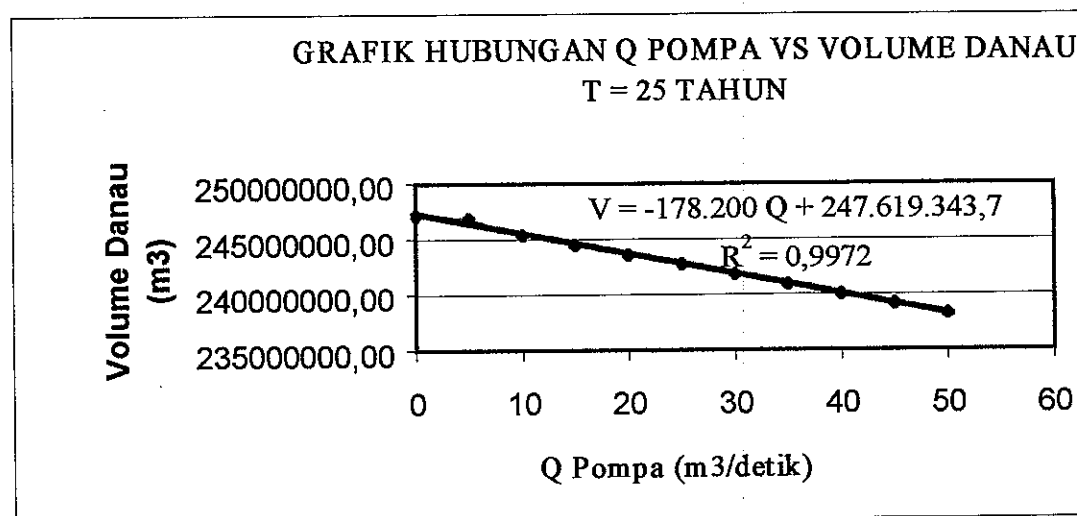
Tabel 4.17. menunjukkan volume maksimum tampungan danau sehubungan dengan kapasitas total pompanya untuk periode ulang 25 tahun.

**TABEL 4.17. VOLUME MAKSIMUM TAMPUNGAN DANAU**  
**T = 25 TAHUN**

KAPASITAS POMPA (m <sup>3</sup> /detik)	VOLUME MAKSIMUM TAMPUNGAN (m <sup>3</sup> )
5	247.313.343,70
10	245.837.343,70
15	244.946.343,70
20	244.055.343,70
25	243.200.343,70
30	242.27.3343,70
35	241.382.343,70
40	240.491.343,70
45	239.600.343,70
50	238.709.343,70

Dari tabel di atas dapat dibuat grafik yang menggambarkan hubungan antara kapasitas pompa dan volume tampungan maksimum danau.

Gambar 4.53. menunjukkan hubungan antara kapasitas pompa dan volume tampungan maksimum danau.



**GAMBAR 4.53. GRAFIK HUBUNGAN Q POMPA VS VOLUME DANAU**  
**T = 25 TAHUN**

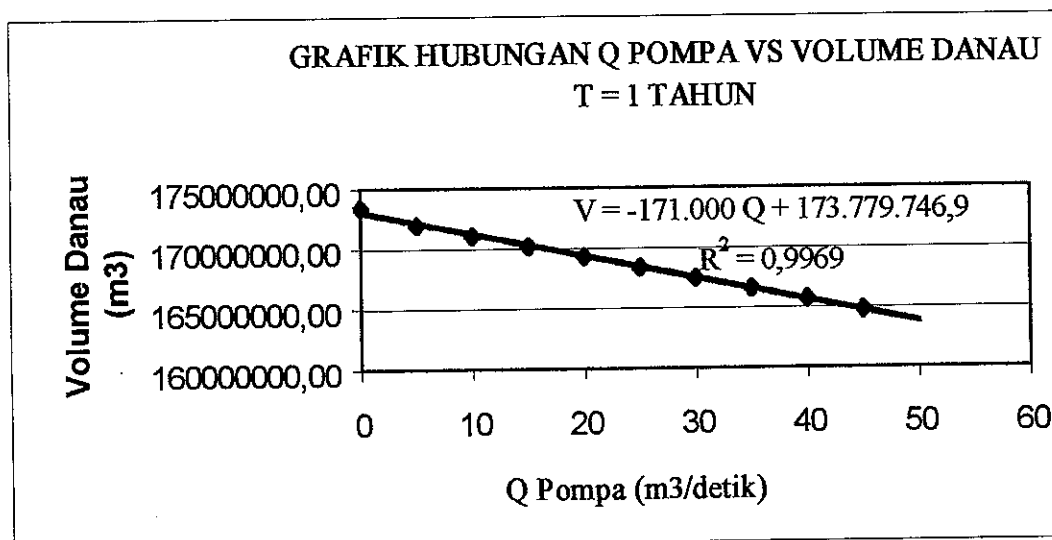
Sedangkan Tabel 4.18. menunjukkan volume maksimum tampungan danau sehubungan dengan kapasitas total pompanya untuk periode ulang 1 tahun.

**TABEL 4.18. VOLUME MAKSIMUM TAMPUNGAN DANAU**  
**T = 1 TAHUN**

KAPASITAS POMPA (m <sup>3</sup> /detik)	VOLUME MAKSIMUM TAMPUNGAN (m <sup>3</sup> )
5	173.617.746,94
10	172.141.746,94
15	171.250.746,94
20	170.359.746,94
25	169.504.746,94
30	168.577.746,94
35	167.686.746,94
40	166.795.746,94
45	165.904.746,94
50	165.013.746,94

Dari tabel di atas dapat dibuat grafik yang menggambarkan hubungan antara kapasitas pompa dan volume tampungan maksimum danau.

Gambar 4.54. menunjukkan hubungan antara kapasitas pompa dan volume tampungan maksimum danau.



**GAMBAR 4.54. GRAFIK HUBUNGAN Q POMPA VS VOLUME DANAU**  
**T = 1 TAHUN**

#### 4.9. MENENTUKAN KAPASITAS POMPA

Kapasitas total pompa yang diperlukan haruslah sedemikian sehingga volume tampungan di danau besarnya adalah  $135946450 \text{ m}^3$ , dimana pada keadaan ini elevasi muka air danau adalah 1,35 meter di bawah HHWL (*Highest High Water Level*).

Kapasitas pompa ( $T = 25$  tahun) :

Dari persamaan garis lurus :  $V = - 178200Q + 247619343,7$

Dapat dihitung kapasitas total pompa, untuk mendapatkan volume tampungan di danau sebesar  $135946450 \text{ m}^3$ , yaitu sebagai berikut :

$$V = 135946450 \rightarrow 135946450 = - 178200 X + 247619343,7$$

$$Q = 626,6717$$

Kapasitas sebuah pompa adalah  $5 \text{ m}^3/\text{detik}$ , maka diperlukan pompa sebanyak 125 pompa.

Kapasitas pompa ( $T = 1$  tahun) :

Dari persamaan garis lurus :  $V = - 171000X + 173779746,9$

Dapat dihitung kapasitas total pompa, untuk mendapatkan volume tampungan di danau sebesar  $135946450 \text{ m}^3$ , yaitu sebagai berikut :

$$V = 135946450 \rightarrow 135946450 = - 171000X + 173779746,9$$

$$Q = 221,2474$$

Kapasitas sebuah pompa adalah  $5 \text{ m}^3/\text{detik}$ , maka diperlukan pompa sebanyak 44 pompa.

Untuk mengetahui jumlah pompa yang diperlukan guna menurunkan volume danau masing-masing 10 cm dari HHWL, maka perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.19 yang menunjukkan hubungan antara elevasi dan volume danau, Tabel 4.20 yang menunjukkan hubungan antara volume danau dan jumlah pompa untuk periode ulang 25 tahun. Dan Tabel 4.21 menunjukkan hubungan antara volume danau dan jumlah pompa untuk periode ulang 1 tahun.

**TABEL 4.19. HUBUNGAN ELEVASI VS VOLUME DANAU**

NO	ELEVASI MUKA AIR DANAU (M)	VOLUME DANAU (M3)
1	- 0,90 TTG	135.946.450
2	- 0,85 TTG	137.586.075
3	- 0,75 TTG	140.865.325
4	- 0,65 TTG	144.144.575
5	- 0,55 TTG	147.423.825
6	- 0,45 TTG	150.703.075
7	- 0,35 TTG	153.982.325
8	- 0,25 TTG	157.261.575
9	- 0,15 TTG	160.540.825
10	- 0,05 TTG	163.820.075
11	+ 0,05 TTG	167.099.325
12	+ 0,15 TTG	170.378.575
13	+ 0,25 TTG	173.657.825
14	+ 0,35 TTG	176.937.075
15	+ 0,45 TTG	180.216.325

**TABEL 4.20. HUBUNGAN VOLUME DANAU VS JUMLAH POMPA****T = 25 TAHUN**

NO	VOLUME DANAU (M3)	KAPASITAS TOTAL POMPA (M3/detik)	JUMLAH POMPA (Kapasitas Pompa 5 m3/detik)
1	135.946.450	626,672	125
2	137.586.075	617,471	123
3	140.865.325	599,069	120
4	144.144.575	580,667	116
5	147.423.825	562,264	112
6	150.703.075	543,862	109
7	153.982.325	525,460	105
8	157.261.575	507,059	101
9	160.540.825	488,656	98
10	163.820.075	470,254	94
11	167.099.325	451,852	90
12	170.378.575	433,450	87
13	173.657.825	415,048	83
14	176.937.075	396,646	79
15	180.216.325	378,244	76

TABEL 4.21. HUBUNGAN VOLUME DANAU VS JUMLAH POMPA

T = 1 TAHUN

NO	VOLUME DANAU (M3)	KAPASITAS TOTAL POMPA (M3/detik)	JUMLAH POMPA (Kapasitas Pompa 5 m3/detik)
1	135.946.450	221,247	44
2	137.586.075	211,659	42
3	140.865.325	192,482	38
4	144.144.575	173,305	35
5	147.423.825	154,128	31
6	150.703.075	134,951	27
7	153.982.325	115,774	23
8	157.261.575	96,598	19
9	160.540.825	77,421	15
10	163.820.075	58,244	12
11	167.099.325	39,067	8
12	170.378.575	19,890	4
13	173.657.825	0,713	1
14	176.937.075	0	0
15	180.216.325	0	0

#### 4.10. OPERASI DAN PEMELIHARAAN POMPA

Menurut model yang dibuat oleh Cipta Karya tahun 1987, maka diketahui bahwa besarnya biaya ( $\times \text{Rp. } 10^6$ ) :

$$\text{Pompa} = (1,06 \times Q^{0,75} \times H^{0,43})$$

$$\text{Rumah Pompa} = 15\% \times (1,06 \times Q^{0,75} \times H^{0,43})$$

$$\text{O \& P Pompa} = 4\% \times (1,06 \times Q^{0,75} \times H^{0,43})$$

Dimana :

Q = Kapasitas Pompa (liter/detik)

H = Total Head (m)

Karena perhitungan harga sekarang adalah tahun 2001, maka kita harus mengadakan perhitungan inflasi. Tabel 4.22 menunjukkan data inflasi dari tahun 1988-2001.

**TABEL 4.22. DATA INFLASI**

NO	TAHUN	INFLASI	NO	TAHUN	INFLASI
1	1988	5,3 %	8	1995	8,45 %
2	1989	4,83 %	9	1996	4,37 %
3	1990	9,02 %	10	1997	10,88 %
4	1991	9,62 %	11	1998	67,19 %
5	1992	4,34 %	12	1999	1,51 %
6	1993	9,37 %	13	2000	8,73 %
7	1994	6,5 %	14	2001	8,61 %

Sumber : Badan Pusat Statistik Semarang

Setelah kita mengetahui inflasi tiap tahunnya, maka selanjutnya kita mengadakan perhitungan inflasi untuk tahun 2001 dari harga pompa tersebut diatas, yang dapat dilihat pada Tabel 4.23.

**TABEL 4.23. PERHITUNGAN INFLASI**

NO	TAHUN	INFLASI	TOTAL INFLASI
1	1987	X	
2	1988	5,3 %	1,05
3	1989	4,83 %	1,10
4	1990	9,02 %	1,20
5	1991	9,62 %	1,32
6	1992	4,34 %	1,38
7	1993	9,37 %	1,51
8	1994	6,5 %	1,60
9	1995	8,45 %	1,74
10	1996	4,37 %	1,81
11	1997	10,88 %	2,01
12	1998	67,19 %	3,36
13	1999	1,51 %	3,41
14	2000	8,73 %	3,71
15	2001	8,61 %	4,03

Setelah perhitungan inflasi di atas, maka kita dapat menghitung biaya pompa, rumah pompa dan operasi dan pemeliharaan pompa sesuai dengan kapasitasnya untuk periode ulang 25 tahun dan 1 tahun yang dapat dilihat pada Tabel 4.24. dan Tabel 4.25.

**TABEL 4.24. PERHITUNGAN BIAYA POMPA, RUMAH POMPA DAN  
O & P POMPA PERIODE ULANG 25 TAHUN**

$Q_{\text{Pompa}}$ (l/det)	Biaya Pompa (x Rp. $10^6$ ) $4,03 \cdot Q_{0,43}^{0,75} \times (40)$	Biaya Rumah Pompa (x Rp. $10^6$ ) $15\% \times \text{Biaya Pompa}$	Biaya O & P Pompa (x Rp $10^6$ ) $4\% \times \text{Biaya Pompa}$	Total (x Rp. $10^6$ )
380.000	301.529,7573	45.229,46360	12.061,19029	358.820,4112
395.000	310.413,2869	46.561,99303	12.416,53147	369.391,8114
415.000	322.128,0571	48.319,20857	12.885,12229	383.332,3880
435.000	333.702,4717	50.055,37075	13.348,09887	397.105,9413
450.000	342.296,0331	51.344,40496	13.691,84132	407.332,2793
470.000	353.643,6580	53.046,54870	14.145,74632	420.835,9530
490.000	364.871,1628	54.730,67442	14.594,84651	434.196,6837
505.000	373.216,6534	55.982,49801	14.928,66614	444.127,8176
525.000	384.248,3031	57.637,24546	15.369,93212	457.255,4807
545.000	395.175,3598	59.276,30397	15.807,01439	470.258,6782
560.000	403.304,9022	60.495,73533	16.132,19609	479.932,8337
580.000	414.060,1889	62.109,02833	16.562,40755	492.731,6247
600.000	424.723,1355	63.708,47032	16.988,92542	505.420,5312
615.000	432.662,0638	64.899,30957	17.306,48255	514.867,8559
625.000	437.927,7781	65.689,16672	17.517,11112	521.134,0559

**TABEL 4.25. PERHITUNGAN BIAYA POMPA, RUMAH POMPA DAN  
O & P POMPA PERIODE ULANG 1 TAHUN**

$Q_{\text{Pompa}}$ (l/det)	Biaya Pompa (x Rp. $10^6$ ) $4,03 \cdot Q_{0,43}^{0,75} \times (40)$	Biaya Rumah Pompa (x Rp. $10^6$ ) $15\% \times \text{Biaya Pompa}$	Biaya O & P Pompa (x Rp $10^6$ ) $4\% \times \text{Biaya Pompa}$	Total (x Rp. $10^6$ )
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
5.000	11.714,3982	1.757,159735	468,57593	13.940,13390
20.000	33.133,3217	4.969,998258	1.325,33287	39.428,65285
40.000	55.723,3829	8.358,507438	2.228,93532	66.310,82567
60.000	75.527,6407	11.329,14611	3.021,10563	89.877,89241
75.000	89.287,0405	13.393,05608	3.571,48162	106.251,5782
95.000	106.606,8681	15.991,03021	4.264,27472	126.862,1730
115.000	123.031,3703	18.454,70554	4.921,25481	146.407,3306
130.000	134.880,7571	20.232,11356	5.395,23028	160.508,1009
150.000	150.162,3046	22.524,34569	6.006,49219	178.693,1425
170.000	164.941,2083	24.741,18125	6.597,64833	196.280,0379
185.000	175.740,2650	26.361,03975	7.029,61060	209.130,9154
205.000	189.805,0995	28.470,76493	7.592,20398	225.868,0684
215.000	196.707,6842	29.506,15264	7.868,30737	234.082,1442



#### 4.11. ANALISA KEUNTUNGAN

Dari studi "*Flood Damage Survey*" yang diadakan oleh Fakultas Teknik Universitas Diponegoro pada tahun 1999, maka dapat disimpulkan bahwa kerusakan akibat banjir untuk studi Dam Lepas Pantai ini, dapat diambil harga untuk daerah Semarang Barat (Tugu).

Adapun perincian besarnya kerugian akibat banjir diatas, dapat dilihat pada Tabel 4.26.

**TABEL. 4.26. PERINCIAN BESARNYA KERUGIAN AKIBAT BANJIR**

Semarang Barat	Agricultural Per Ha (Rp.)	Infra Structure per Ha (Rp.)	Total Direct per Ha (Rp.)	In Direct per Ha (Rp.) (40% x Total Direct)	Total per Ha (Rp.)
Tugu	2.148.300	70.631,87	2.218.931,87	887.572,748	3.106.504,618

Untuk mendapatkan besarnya keuntungan, maka kita dapat mencari dari luas daerah yang tidak terkena banjir dikalikan dengan besarnya kerugian akibat banjir, seperti dapat dilihat pada Tabel 4.27.a. dan 4.27.b.

**TABEL. 4.27.a. PERHITUNGAN BESARNYA KEUNTUNGAN T = 1 TAHUN**

Luas yang kena ROB (Ha)	Kerugian per Ha (Rp.)	Total kerugian (Rp.)	Kerugian (Dibulatkan) (Rp.10 <sup>9</sup> )	Keuntungan (Dibulatkan) (Rp.10 <sup>9</sup> )
3.172,60	3.106.504,62	9.865.696.551,07	9,87	0
2.980,20	3.106.504,62	9.258.005.062,56	9,26	0,61
2.709,00	3.106.504,62	8.415.521.010,16	8,42	1,45
2.545,60	3.106.504,62	7.907.918.155,58	7,91	1,96
2.352,60	3.106.504,62	7.308.362.764,31	7,31	2,56
1.718,80	3.106.504,62	5.339.460.137,42	5,34	4,53
1.547,40	3.106.504,62	4.807.005.245,89	4,81	5,06
1.541,40	3.106.504,62	4.788.366.218,19	4,79	5,08
1.161,00	3.106.504,62	3.606.651.861,50	3,61	6,26
993,50	3.106.504,62	3.086.312.337,98	3,09	6,78
754,80	3.106.504,62	2.344.789.685,67	2,34	7,53
472,80	3.106.504,62	1.468.755.383,39	1,47	8,40
191,60	3.106.504,62	595.206.584,81	0,60	9,27
48,80	3.106.504,62	151.597.425,36	0,15	9,72
-	3.106.504,62	-	0	9,87

**TABEL. 4.27.b. PERHITUNGAN BESARNYA KEUNTUNGAN****T = 25 TAHUN**

<b>Luas yang kena Banjir (Ha)</b>	<b>Kerugian per Ha (Rp.)</b>	<b>Total kerugian (Rp.)</b>	<b>Keuntungan (Dibulatkan) (Rp.10<sup>9</sup>)</b>
5.044,60	3.106.504,62	15.671.073.195,96	15,67
4.852,20	3.106.504,62	15.073.381.707,46	15,07
4.581,00	3.106.504,62	14.230.897.655,06	14,23
4.417,60	3.106.504,62	13.723.294.800,48	13,72
4.224,60	3.106.504,62	13.123.739.409,20	13,12
3.590,80	3.106.504,62	11.154.836.782,31	11,15
3.419,40	3.106.504,62	10.622.381.890,79	10,62
3.413,40	3.106.504,62	10.603.742.863,08	10,60
3.033,00	3.106.504,62	9.422.028.506,39	9,42
2.865,50	3.106.504,62	8.901.688.982,88	8,90
2.626,80	3.106.504,62	8.160.166.330,56	8,16
2.344,80	3.106.504,62	7.284.132.028,29	7,28
2.063,60	3.106.504,62	6.410.582.929,70	6,41
1.920,80	3.106.504,62	5.966.974.070,25	5,97
1.872,00	3.106.504,62	5.815.376.644,90	5,82

**4.12. DAERAH GENANGAN BANJIR AIR LAUT PASANG**

Daerah Semarang Bawah yang mempunyai elevasi daratan lebih rendah daripada elevasi air laut pasang + 0,45 M (*HHWL*) akan terkena banjir air laut pasang/Rob. Banjir air laut pasang ini sangat mengganggu aktivitas masyarakat khususnya di daerah lokasi genangan banjir air laut pasang/Rob.

Banjir air laut pasang ini, terjadi walaupun tidak pada musim hujan karena memang penyebabnya bukan dari air hujan tetapi dari air laut yang masuk ke daratan.

Peta genangan air laut pasang dapat dilihat pada Lampiran S, dimana genangan banjir air laut pasang ini meliputi 8 (delapan) Kecamatan yang dapat dilihat pada Tabel 4.28. Sedangkan Lampiran T, menunjukkan genangan banjir akibat banjir kiriman.

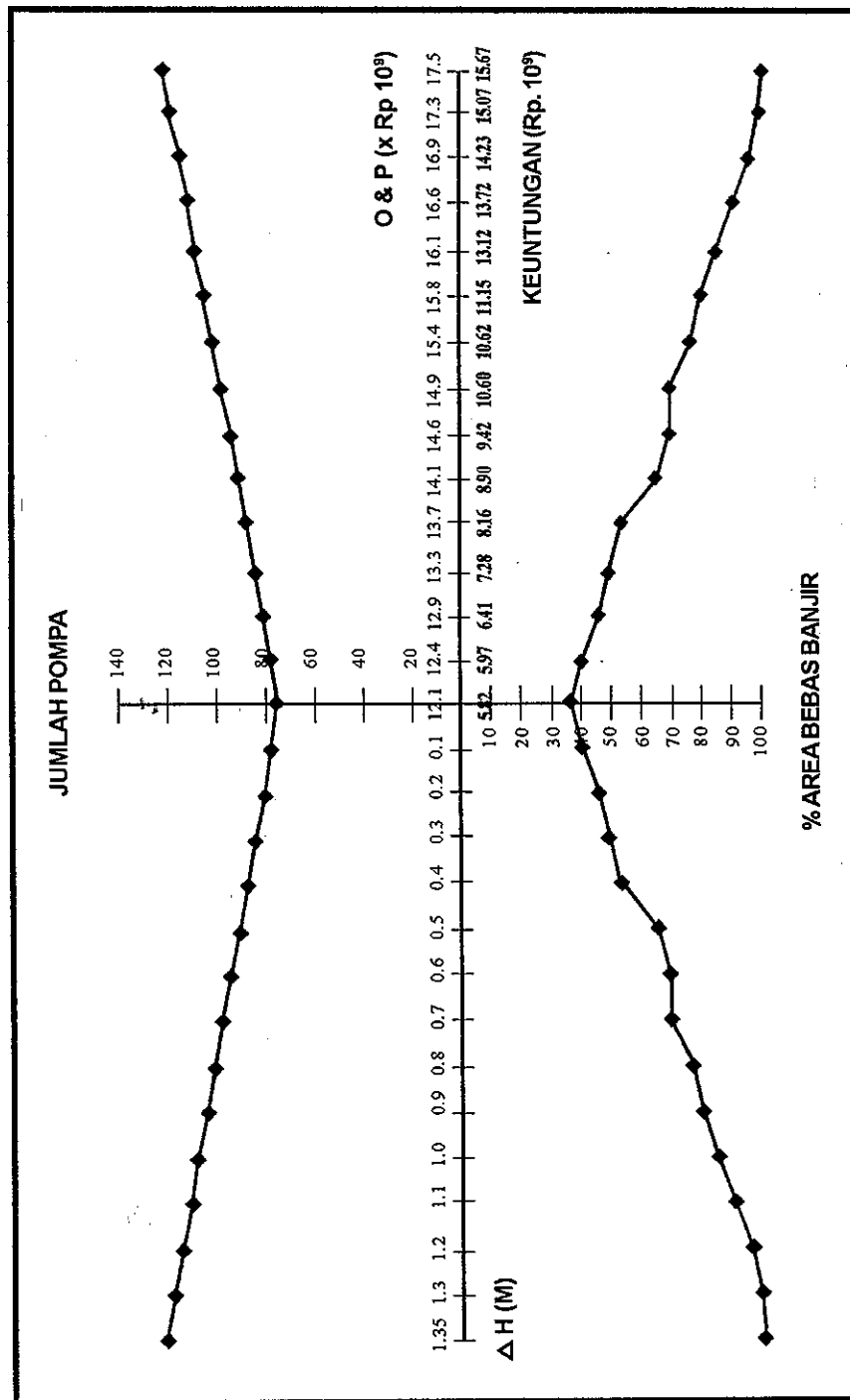
**TABEL 4.28. DAERAH GENANGAN  
BANJIR AIR LAUT PASANG**

NO	KECAMATAN
1.	Genuk
2.	Semarang Timur
3.	Semarang Utara
4.	Semarang Tengah
5.	Gayamsari
6.	Pedurungan
7.	Semarang Barat
8.	Tugu

#### **4.13. HUBUNGAN ANTARA JUMLAH POMPA, KETINGGIAN, O & P POMPA DAN KEUNTUNGAN**

Setelah kita mengetahui jumlah pompa yang diperlukan untuk menurunkan elevasi air danau pada beberapa ketinggian, besarnya biaya pompa serta Operasi dan Pemeliharaan pompa, prosentasi area bebas Rob pada beberapa ketinggian elevasi air danau, dan besarnya keuntungan sehubungan dengan prosentasi area bebas Rob, maka kita dapat menggambarkan Grafik Hubungan antara jumlah pompa, ketinggian, Operasi dan Pemeliharaan pompa dan keuntungan untuk periode ulang 25 tahun dan 1 tahun, seperti dapat dilihat pada Gambar 4.55 dan Gambar 4.56.

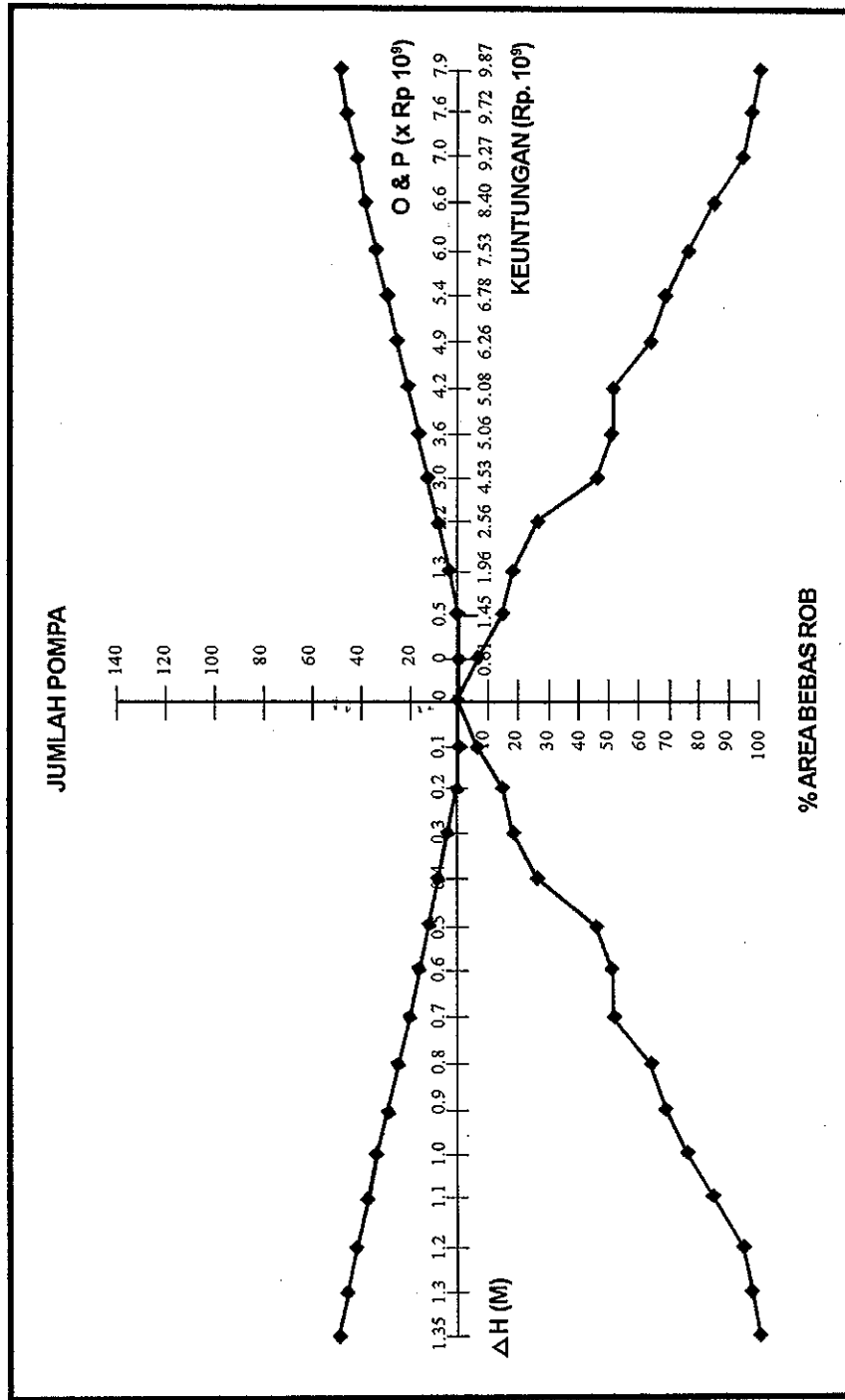
GAMBAR 4.55.  
**Grafik Hubungan Antara Jumlah Pompa,  $\Delta H$ , O & P dan Keuntungan**  
**T= 25 Tahun**



**Keterangan :**

$\Delta H$  = Beda tinggi dibawah HHWL

GAMBAR 4.56.  
**Grafik Hubungan Antara jumlah Pompa,  $\Delta H$ , O & P dan Keuntungan**  
**T= 1 Tahun**



**Keterangan :**

$\Delta H$  = Beda tinggi dibawah HHWL

#### 4.14. EFISIENSI DAM LEPAS PANTAI

Dari hasil studi diketahui bahwa untuk periode ulang 1 tahun diperlukan 1 buah pompa dengan kapasitas 5 m<sup>3</sup>/detik untuk menurunkan muka air danau sampai pada elevasi + 0,25 M TTG. Dan untuk menurunkan muka air danau sampai pada elevasi  $\pm$  0.00 M TTG diperlukan 10 pompa dengan kapasitas masing-masing 5 m<sup>3</sup>/detik. Sedangkan untuk menurunkan muka air danau sampai pada elevasi 1,35 meter di bawah air laut pasang atau pada elevasi - 0,90 M TTG diperlukan 44 buah pompa dengan kapasitas masing-masing 5 m<sup>3</sup>/detik.

Untuk operasi dan pemeliharaan pompa dengan periode ulang 1 tahun ini dibutuhkan biaya Rp. 7.868.307.370,- per tahun, untuk menurunkan muka air danau sampai dengan elevasi - 0,90 M TTG. Biaya ini lebih kecil jika dibandingkan dengan besarnya keuntungan yang diperoleh yaitu Rp. 9.865.696.551,07.

Sedangkan untuk periode ulang 25 tahun diperlukan 92 pompa dengan kapasitas masing-masing 5 m<sup>3</sup>/detik untuk menurunkan muka air danau sampai pada elevasi  $\pm$  0.00 M TTG.

Dan untuk menurunkan muka air danau sampai pada elevasi 1,35 meter di bawah air laut pasang (HHWL), atau pada elevasi - 0,90 M TTG diperlukan 125 buah pompa dengan kapasitas masing-masing 5 m<sup>3</sup>/detik.

Untuk operasi dan pemeliharaan pompa dengan periode ulang 25 tahun ini dibutuhkan biaya Rp. 17.517.111.120,- per tahun, untuk menurunkan muka air danau sampai dengan elevasi - 0,90 M TTG. Sedangkan keuntungan yang diperoleh adalah Rp. 15.671.073.195,96.

Dari Peta Topografi diketahui bahwa elevasi terendah adalah - 0,85 M TTG. Ini berarti jika volume air danau dipertahankan tetap pada elevasi - 0,90 M TTG,

- maka semua daerah Semarang Bawah / pesisir dapat terhindar dari banjir air laut pasang.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **KESIMPULAN**

1. Untuk mempertahankan muka air danau pada elevasi - 0,90 M TTG, jika mengakomodasi banjir periode ulang 1 tahun dibutuhkan 44 buah pompa dengan kapasitas masing-masing 5 m<sup>3</sup>/detik. Sedangkan untuk mengakomodasi banjir periode ulang 25 tahun dibutuhkan 125 buah pompa dengan kapasitas masing-masing 5 m<sup>3</sup>/detik.
2. Dari peta Topografi diketahui elevasi terendah adalah -0,85 TTG. Ini berarti semua daerah Semarang bawah/pesisir dapat terhindar dari banjir air laut pasang/Rob, jika muka air danau tetap dipertahankan pada elevasi - 0,90 M TTG.
3. Dengan adanya Dam Lepas Pantai ini, disamping banjir air laut pasang / Rob dapat dihindari, juga genangan banjir pada daerah lokasi Rob yang diakibatkan oleh hujan dapat mengalir ke laut lebih lancar.
4. Besarnya Operasi dan Pemeliharaan per tahun untuk mengakomodasi banjir dengan periode ulang 1 tahun dan mempertahankan muka air danau tetap pada elevasi - 0,90 M TTG adalah sebesar Rp.7.868.307.370,-. Biaya ini lebih kecil dari keuntungan yang diperoleh yaitu Rp. 9.865.696.551,07.
5. Sedangkan Besarnya Operasi dan Pemeliharaan per tahun untuk mengakomodasi banjir dengan periode ulang 25 tahun dan mempertahankan muka air danau tetap pada elevasi - 0,90 M TTG adalah sebesar Rp. 17.517.111.120,-. Sedangkan keuntungan yang diperoleh adalah Rp. 15.671.073.195,96.

#### **SARAN :**

1. Perlu adanya studi lebih lanjut mengenai aspek teknis, aspek operasional, aspek sosial, aspek ekonomi mikro/makro dan aspek lingkungan yang terjadi akibat adanya Dam Lepas Pantai.
2. Upaya penanganan banjir air laut pasang/Rob dan banjir kiriman diupayakan secara komprehensif (tidak per sektor).

## DAFTAR PUSTAKA

1. A. Verruijt. 1988. **Theory of Groundwater Flow**. *International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering*.
2. A. Volker, 1988. **Reclamation and Polders**. *International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering*.
3. A. Prins., 1988. **River Engineering**. *International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering*.
4. Bappeda Kota Madya Dati II, Semarang, 1988. **"Draft Final Report"** Pekerjaan Induk Drainase Kodya Dati II, Semarang.
5. Bedient, P.B. 1989. **Hydrology and Floodplain Analysis**. Addison-Wesley Publishing Company, USA.
6. Bambang Triatmojo, 1992. **Muara Sungai**. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
7. Chow, V.T.M, Maidment, D.R. and Mays, L.W. 1998. **Handbook Applied Hydrology**. Mc. Graw Hill Book Company Inc., New York, USA.
8. CD. Soemarto, 1995. **Hidrologi Teknik**. Penerbit Erlangga, Jakarta.
9. Faculty of Engineering, Diponegoro University, 1999, **Flood Damage Survey**,
10. G. Van Riessen. 1984. **Introductory Hydraulics**. *International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering*.
11. John Wirawan, 1999. **"Proposal Dam Lepas Pantai"**, Semarang.
12. J.P. Th. Kalkwijk. 1984. **Tides**. *International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering*.
13. Nur Yuwono, 1992. **Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II**.
14. Pah Hoogcarspel, 1988. **Pumping Stations**. *International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering*.
15. P. Novak, 1986. **Applied Hydraulics**. *International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering*.
16. Sri Harto BR, 1991, **Hidrologi Terapan**. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajahmada.
17. Suyono Sosrodarsono, Ir. 1976. **Hidrologi Untuk Pengairan**. Cetakan keenam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
18. Sunarto, 1992. **Geomorfologi Pantai**. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.